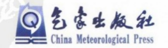
"十一五"国家科技支撑计划
2008BAC44B01-05专题成果

亚洲巨灾
成灾环境研究

高庆华　李志强　张　进　等著

Yazhou Juzai
Chengzai Huanjing Yanjiu







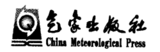
ISBN 978-7-5029-5459-8

定价：40.00元

“十一五”国家科技支撑计划
2008BAC44B01-05 专题成果

亚洲巨灾成灾环境研究

高庆华　李志强　张　进 等 著



内容提要

本书以地球系统科学与自然灾害系统思想为指导，总结了亚洲巨灾的时空分布规律，对地震、气象、洪涝、地质等各种巨灾事件的致灾因素、成灾过程进行了系统解析，从地球运动和全球变化的高度研究了亚洲巨灾的致灾因素、成灾环境、形成机制，初步划分了巨灾事件多发区和多发时段，在对亚洲巨灾发展趋势进行分析的基础上提出了减灾对策。

本书可供自然灾害研究和减灾人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

亚洲巨灾成灾环境研究/高庆华等著．—北京：气象出版社，2012.4

ISBN 978-7-5029-5459-8

Ⅰ.①亚… Ⅱ.①高… Ⅲ.①区域自然灾害-研究-亚洲 Ⅳ.①X433

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 052289 号

出版发行：气象出版社

地　　址：北京市海淀区中关村南大街 46 号　　邮政编码：100081

总 编 室：010-68407112　　发 行 部：010-68406961

网　　址：http://www.cmp.cma.gov.cn　　E-mail：qxcbs@cma.gov.cn

责任编辑：张　斌　　终　　审：章澄昌

封面设计：博雅思企划　　责任技编：吴庭芳

印　　刷：北京中新伟业印刷有限公司

开　　本：787 mm×1092 mm　1/16　　印　　张：9

字　　数：230 千字　　彩　　插：2

版　　次：2012 年 4 月第 1 版　　印　　次：2012 年 4 月第 1 次印刷

定　　价：40.00 元

前　言

自然灾害自古以来就是人类生存和社会发展的大敌。进入20世纪70年代以来，由于人类活动造成的环境污染和环境破坏所引起的全球气候变化问题，逐渐受到全世界的关注。与此同时，全球自然灾害损失也在快速增长。尤其是近几年，非洲大旱、东南亚和欧洲大水、美国飓风等特大自然灾害频频发生；由于海平面上升，太平洋中一些岛国濒于覆灭的危境。因此，环境与灾害已成为世界各国社会经济发展的重大制约因素，保护环境、减轻灾害是全世界人民共同的责任。

现在人们已清醒地意识到，人类本身有意或无意地破坏环境的行为已经使地球环境趋向恶化，甚至能破坏大气层的结构，改变全球气候，给人类社会造成广泛而深远的灾难。因此，气候变暖便成了当今世界环境问题的热门话题。

环境与灾害的形成主要受两大因素控制：一是自然变异，二是人类社会活动。地球在不停地运动着、变化着，致使人类、地球、环境发生日新月异的变化，并导致自然灾害的发生。从表面看，地圈的运动和变化导致地质环境的变迁和地震及地质灾害的产生；水圈的运动和变化导致水环境的变化和水灾害的发生；气圈的运动和变化导致气候环境的变化和气象灾害的发生；地球表层系统和生物圈的运动和变化导致生态环境的变化和生物灾害的发生。然而，从深层次看，由于地球是一个开放的自组织系统，各个圈层自身运动变化的同时，彼此也在发生着物质和能量的交流，各个圈层的运动与变化受控于全球运动与全球变化，并受太阳及其他天体运动和变化的影响。由此看来，地球各个圈层的环境与灾害的产生都不是孤立的现象，而是彼此相关，形成环境—灾害系统，并作为地球系统的一个分支，属于全球变化的一个组成部分。

据初步调查，世界自然灾害最严重的有三个地区：一是亚洲大陆中南部及毗邻的环太平洋地区；二是非洲；三是北美中南部、拉丁美洲和南美西部地区。其中，亚洲是干旱、热带气旋、暴雨、洪水、地震、海啸、风暴潮等巨灾最集中的地区，亚洲的巨灾具有共同的致灾环境。亚洲是世界上面积最大的大陆，具有世界上最高的高原和山脉，世界上最深的海沟；是世界上最强大的环太平洋构造带和阿尔卑斯—喜马拉雅山构造带的交汇处；是世界上东风带和西风带影响最强烈的地区，受印度高压、西太平洋副热带高压、西伯利亚高压、鄂霍次克海高压等巨大的天气系统的共同控制；是厄尔尼诺和拉尼娜影响最严重的地区。需要联合研究才能认识巨灾发生发展规律；巨灾及其灾害链，往往使亚洲多个国家受害，需要共同建立灾害预警机制，协调建设防灾工程，互相支持、互相援助。因此，进行亚洲巨灾成灾环境研究和巨灾事件系统解析，开展亚洲减灾系统工程，对亚洲及世界都具有重要的意义。自然灾害是不分国界的，特别是处于同一个孕灾区的各种自然灾害，如西风带控制范围内的各种气象灾害、西太平洋副热带高压控制范围内的各种海洋气象灾害、环太平洋构造带范围内的地震地质灾害等，它们既有共性，又有特殊性；既有独立性，又有联系性，必须进行国际联合的综合研究，才能认识它们的发生、发展规律，制定出科学协调的防灾减灾系统工程措施。

在所有的灾害中，对人类社会危害最大、破坏最严重、影响最深远的是巨灾。何为巨灾，一般有两种理解：第一种理解是指强度大、等级高、影响范围广或持续时间长，有可能造成巨大损失的灾害（正确地说是灾变）；第二种理解是指损失巨大的自然灾害。前者可以说是巨灾形成的致灾因子；后者是巨灾的灾情。所谓巨灾事件，应该是指能量巨大的自然灾变，对社会受灾体侵袭、破坏、影响，以致造成巨大伤害、破坏和损失及其他不良后果的过程。

初步研究，亚洲可以造成巨灾的自然灾害主要有干旱、热带气旋、暴雨、洪水、海啸、风暴潮、地震、寒潮、森林大火等，其中对亚洲各国常有共同影响的是干旱、热带气旋、地震、暴雨和洪水，这些应该是研究的主要灾种。

巨灾的形成一般有两种情况。第一种情况，有些自然灾变，特别是等级高、强度大的自然灾变，不仅可以造成巨大的直接危害，而且在它的发生发展过程中，常常诱发出一系列的次生灾变与衍生灾变，形成灾变链，从而造成更大的危害。

巨灾形成的第二种情况是，某些地区在不太长的时段内，可能连续遭受多种灾害侵袭，从而造成巨大损失。特别是人口密集、经济发达，但防灾能力不足的地区，巨灾发生的概率更高。

巨灾事件是小概率事件，致灾因素是十分复杂的，既有发生地的成灾环境因素；也有全球运动和全球变化因素；甚至还有太阳活动和天体运动因素。因此，对巨灾事件的成灾机制进行研究需要以地球系统整体观为指导。

撰写本书的最终目的是企图阐明三个观点。第一，日益严峻的灾害形势已成为亚洲人民生存与发展的严重威胁。第二，巨灾事件的发生和影响不是孤立的，往往构成自然灾变系统和自然灾害系统，巨灾的成灾环境受控于地壳运动、地球表层系统变化及天体活动的自然因素和人为因素的双重影响。第三，巨灾事件的研究与解析是一项系统工程，在巨灾事件发生、发展、影响、恢复的全过程中，都需要世界各国、社会各行各业的广泛合作。

《亚洲巨灾成灾环境研究》是一项涉及面十分广泛的研究课题（见图 1）。

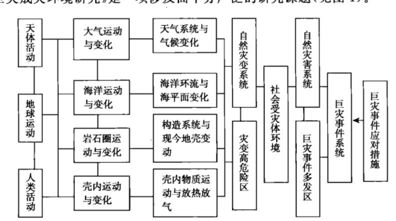


图 1　巨灾成灾环境研究构架图

显而易见，这项研究工作只是刚刚开始，特别是各国的实际资料还很不充分。因此，本书涉及的各项研究，都是在资料不完备条件下进行的。不当之处在所难免，仅供进一步研究参考。

目前，由人类活动造成的全球变暖已引起了全世界的关注，节能减排、保护环境已经成为全世界各国人民的共同行动。我们认为，环境和灾害是一个相互联系的整体，由现今地壳运动

导致的地球表层系统变化，不仅影响环境，也是主要的致灾因素。因此，全世界在努力改善环境的同时也应该推动减灾全球化，可能在短期内会取得更为显著的成效。作者希望类似的项目，应该继续开展。

本书是《亚洲巨灾调查分析技术及巨灾划分标准研究》课题第 5 专题、第 2 专题及第 3 专题的成果。专题分别由李志强、邓砚和张进负责。由于专著涉及方面已经超出了课题研究的范围，因此在编写专著时，使用了高庆华对“世界巨灾致灾因素和成灾环境”研究的资料，共同编写了《亚洲巨灾成灾环境研究》(《亚洲巨灾成灾环境与巨灾事件系统解析》(上册))和《亚洲巨灾事件系统解析》(《亚洲巨灾成灾环境与巨灾事件系统解析》(下册))。同时，使用了其他专题组和参考文献中的资料，均在此表示感谢。

目　录

第一章　影响巨灾事件形成与分布的致灾因子解析

自然界在时时刻刻变化着，当自然变异大到一定程度，并对社会受灾体造成巨大损失时，就发生了巨灾事件。自然界的变化是不均衡的，无论地壳结构和构造、海洋分布和运动状态、天气系统和变化，还是人类分布和活动，甚至太阳、月球等天体活动的影响，在世界各地都存在地区差异性。只有在那些最活动的地区，才可能发生巨大的自然灾变，导致损失巨大的灾害发生。因此，为了研究亚洲巨灾事件的区域分布规律，必须首先对影响巨灾分布的致灾因子分布与活动的空间构架进行解析。

第一节　影响巨灾事件形成与分布的构造因子

构造不仅对地震、火山、崩塌、滑坡等地质灾害起着直接的控制作用，而且作为下垫面的控制因素，还制约或影响了海陆分布、地形变化、山川格局、生态分区，甚至人口分布和经济区划，从而间接控制了洪涝灾害、气象灾害、海洋灾害，甚至生物灾害的空间分布。

长期以来，大部分人都以板块学说解释地壳上的构造现象，但是随着研究的进展，发现了越来越多的问题。中国科学院地学部地球科学发展战略研究组在 2009 年出版的《21 世纪中国地球科学发展战略报告》[1]中认为(摘要)："20 世纪 60 年代兴起的板块构造理论被公认为 20 世纪自然科学领域的五大成就之一。板块构造理论的重要证据来自于对大洋岩石圈的调查，虽然板块构造解释了全球构造的许多现象，但是对于解释大陆的基本问题仍然具有局限性"。"回归到大陆动力学计划提出的科学问题的初衷，需要回答的基本问题是大陆的特征是什么？大陆如何分裂、分化、固结？哪些作用控制着大陆的组成和生长？为什么大陆会保存下来？在大陆变形中出现怎样的物理过程？大陆与板块系统及整个地球系统怎样相互作用？岩浆在哪里生成？当它们通过地壳上升时是如何演变的？来自板块运动和地幔的作用力是怎样同地壳变形、火山活动和地震相耦合？大陆中的哪些动力学相互作用控制了沉积盆地的形成？是什么大型构造控制了过去 0～5 Ma 时间尺度上的气候变化？……"板块学说对各种自然灾害的分布，难以进行系统的科学的解释，即使是对大陆地震带的形成，也不能做出具体的解释。由此看来，关于自然灾害形成的构造环境问题，是不能完全仰赖于板块理论的，地球科学需要向更广阔、更深层次的领域发展。

地球科学是认识行星地球的形成、演化以及与人类自身生存和发展休戚相关的气候、环境、资源、灾害、可居住性、可持续发展等的一门自然科学。20 世纪 80 年代以来，随着全球环境变化问题的日益突出，出于人类可持续发展的战略需要，全球环境变化研究得到普遍关注和快速发展，可持续发展问题得到各国政府和社会的高度重视，地球系统科学思维在地球科学中得到普遍接受，地球系统科学将成为地球科学的前沿领域。

作者在学习总结地质力学、板块学说和其他地质学科的基础上，1985 年开始相继提出了

地质系统整体观、地壳运动整体观和全球构造系统，并以构造系统为纲，对地质建造、地球化学等以及自然灾害的形成和分布，进行了系统的解释[2]。

一、陆壳构造系统

（一）构造体系

构造体系是许多不同形态、不同性质、不同等级和不同序次，但具有成生联系的各项结构要素组成的构造带，以及它们之间所夹的岩块或地块组合而成的总体。已经鉴别出的构造体系有以下八种类型（图 1-1）。

（1）纬向构造体系。在南北向的动力作用下，地壳上出现的以东西走向的挤压构造为主的构造带，统称纬向构造体系。

（2）经向构造体系。在纬向惯性力作用下，地壳上出现了经向构造。经向构造带可分为经向挤压带和经向张裂带。

（3）多字型构造体系。世界上规模最大的多字型构造体系为平行斜列出现的北东向构造与北西向构造带，如华夏系、新华夏系和西域系、河西系。

（4）棋盘格式构造体系。这一类型的构造由两组相互交叉的扭裂面组成。两组扭裂面之间的夹角为直角或近似直角，将被它们穿切的地块分割为矩形或菱形块。棋盘格式构造遍布全球。

（5）入字型构造体系。这一类型的构造体系，基本上由两部分构造成分组成：一是主干断裂；二是分支构造。主干断裂必须是扭性断裂，分支构造则可以是张裂，也可以是褶皱、挤压断裂带或其他结构面。

（6）山字型构造体系。山字型构造的主体，包括一条弧形构造带和在弧形构造带的凹侧发育的一条与弧顶构造线相垂直但不到达弧顶的构造带，它们的综合形态好像中文的“山”字，故将此种类型的构造体系叫做山字型构造。我国目前发现的山字型已有 20 多个。中亚、欧洲、美洲等地都见有山字型构造。世界上迄今发现的最大的一个山字型构造，是欧亚山字型构造。

（7）弧形构造体系。当构造带呈弧形展布时，称为弧形构造。我国最大的一个弧形构造为中蒙弧形构造，

（8）旋卷扭动构造体系。这一类型的构造大致可由两部分组成，一是旋扭的核心；二是围绕或半围绕旋扭核心周围的旋回面。包括：

①帚状构造；

②歹字型构造是规模较大的旋卷构造，如青藏滇缅印尼歹字型构造、北美洲歹字型构造；

③纬向构造与经向构造汇集在地球的两极，形成两个独特的同心弧—辐射状构造体系，即北极同心弧—辐射状构造和南极同心弧—辐射状构造。

（二）构造系列

地壳某一区域在一定方式和方向的动力作用之下形成了一定型式的构造体系。构造体系形成之后，改变了动力作用的边界条件，于是出现了与原先形成的构造体系型式不同的构造体系。新的构造体系的形成，使动力作用的方向和方式更加复杂化，型式多样的构造体系便相继

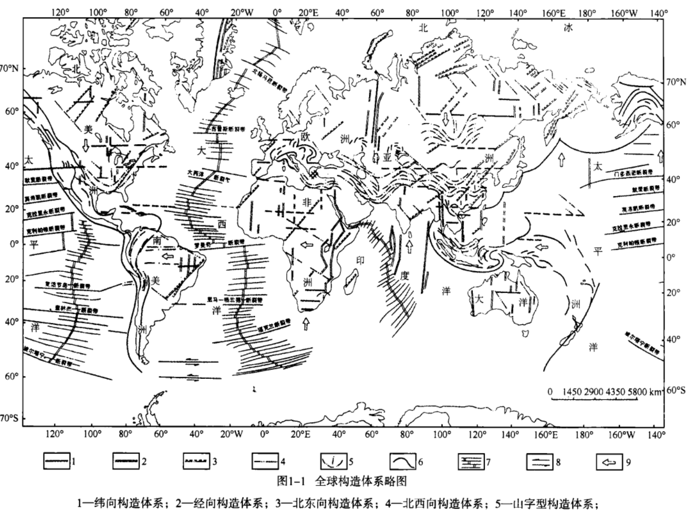


图1-1　全球构造体系略图

1—纬向构造体系；2—经向构造体系；3—北东向构造体系；4—北西向构造体系；5—山字型构造体系；6—扭动构造体系；7—大洋脊及转换断层；8—扭错方向；9—地壳运动方向

产生。所以说，构造体系的出现，往往是一连串的现象。本书将地壳某一区域在一定方式和方向的动力作用之下所发生的一连串有联系的构造体系，称为构造系列。

1. 纬向构造系列

纬向构造是在南北向的挤压力作用下形成的，对中国大陆来说，以自北而南的动力挤压为主。当边界条件变化使挤压力分布不均匀时，则出现了前弧向南突出的山字型或弧型构造；在山字型或弧形构造的东西两翼，分别出现左列和右列多字型构造；由于两翼的扭动作用，出现了各种级序更低的旋扭构造体系，从而形成纬向构造体系—山字型或弧型构造体系—多字型构造体系—旋扭构造体系系列。

从全球来看，在两极向赤道的动力推动下，除了形成巨型纬向构造带外，在北半球有两个巨大而复杂的向南突出的特级弧形构造。一个横跨欧亚两洲，东面的支点为太平洋（中心支点大约为 170°W），西面的支点为非洲（中心支点大约为 10°E），朝着太平洋与印度洋交界处（大约 90°—110°E）向南突出最甚。在这一经度带以东，北东向构造最发育，它们组成了左列多字型；在这一经度带以西则以北西构造最发育，组成了右列多字型，共同反映了沿这一经度带相对地向南扭动。沿这一经度带次级的山字型和弧型构造极为发育，并且自南向北，发育了一系列裂谷，包括 90°海岭、攀西裂谷、贝加尔裂谷等，有人称为子午裂谷系。裂谷在地质历史上有的阶段遭受挤压，形成一条巨大的经向挤压构造带。另外一个向南突出的巨大而复杂的特级弧形构造出现在北美洲及其两侧，其东面的支点在非洲（中心支点在大约 10°E），西面的支点为太平洋（中心支点大约为 170°W），朝着墨西哥地区（大约 90°—105°W）向南突出。这个经度带以东，包括北美洲的东部、欧洲西部，北东向构造最为发育；这个经度带以西，即北美洲西部地区，北西向构造最发育，共同反映了沿该经度带向南的相对滑动。这一经度带向南，大约与东太平洋海岭处于同一经度范围内。根据地应力测量，大西洋海岭的性质也为张扭性。

南半球大部为海洋，从围绕南极的海岭展布情况来看，太平洋部分与非洲大陆部分，都有明显北移趋势。综观全球，似乎大致在地球长轴通过的地方（25°—155°E）地壳向北移动，大约在地球中间轴通过的地方（115°E—65°W）地壳向南移动。

欧亚大陆向南滑动的特级巨弧中，出现了两个一级的大弧，其弧顶大致在 60°E 和 105°E，前者称欧亚弧，后者称中国弧。沿着这两个经度带各有一系列山字型构造与弧形构造出现，并出现了一系列走向南北的挤压带（如乌拉尔挤压构造带和川滇西部挤压构造带）和裂谷（如乌拉尔裂谷、攀西裂谷）及海岭（如 90°海岭、印度洋中央海岭）。这两个一级大弧的砥柱位置，相当于阿拉伯半岛和印度地块，也恰是经向构造通过处。另外，在西伯利亚的东部，大约在150°E 也有一个向南突出的弧形，这三个弧的弧顶刚好间隔 45°经度。

许多在纬向构造基础上发育起来的山字型构造，它们的砥柱部位都有经向构造；脊柱也常有经向构造通过；也有一部分山字型构造是以早成的北东向或北西向构造作为砥柱的（图 1-2）。

山字型构造的两翼，各有多字型构造及不同等级、序次的旋扭构造发生，它们的形成是由于山字型构造活动引起的，而山字型构造又是在纬向构造体系的基础之上发展起来的，所以我们将它们作为一个构造系列。在这里，如将纬向构造带作为初次构造体系来看待，则山字型构造为二次构造体系，多字型构造为三次构造体系，更小的旋扭构造则为四次、五次，乃至序次更低的构造体系。

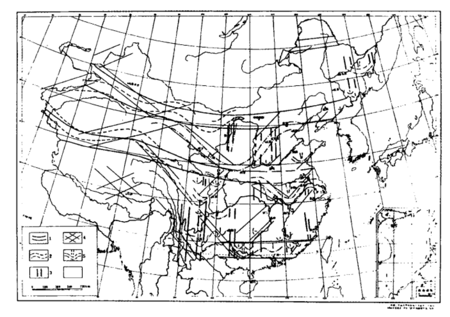


图 1-2　纬向、经向、北东向、北西向构造对山字型构造形成的控制作用

1—纬向构造；2—弧形构造；3—经向构造；4—北东及北西向构造；5—山字型构造

2. 经向构造系列

经向构造是在东西向的挤压力或引张力作用下形成的，对中国大陆来说，中生代以来以自东而西的挤压力为主。当边界条件的变化使挤压力不均匀时则出现了前弧向西突出的弧形或山字型构造，在弧形或山字型构造的两翼也可能出现小规模的旋卷扭动构造体系，形成经向构造体系系列。

我国向西突出的弧形和山字型构造体系，都是中小型的，前弧出现在 25°—27°N 之间，砥柱部位皆有纬向构造通过。川滇与滇西经向带向南延伸出国界后，形成了两个向西突出的弧形，弧顶约在 22°N 与 10°N，两者之间的砥柱部位(约 15°N)也有纬向构造通过。南美洲安第斯山向西突出呈弧形，可能为一以亚马逊凹地为脊柱的山字型构造的前弧，弧顶中心位置大约在 5°S。这一个弧形恰好夹峙于 10°N 与 25°S 两条纬向带之间。

海岭由于阶梯状的转换断层的错动，也有些地方向东或向西突出呈弧形。例如，东太平洋海岭在 25°S 向西突出，在赤道附近及 55°S 向东突出；大西洋海岭在 15°N 向西突出，在赤道附近向东突出；印度洋中央海岭在赤道附近向东突出。

概括起来，由于纬向构造体系的干扰，使经向构造体系发生弯曲，出现了弧形构造和级序更低的旋卷扭动构造。

3. 北东向构造系列

北东向构造是在北西—南东方向挤压力作用之下形成的。这一组挤压力的起因，一种可能是沿经度方向的反时针方向扭动；另一种可能是沿纬度方向的顺时针方向扭动。在对纬向构造系列论述中提出的那些发育在北半球的巨大的弧形构造的东翼地区(如中国东部)，北东向构造特别发育，显示了前弧对砥柱相对向南的扭动。但是，在弧形构造的西翼地区(如中国

西部)也有北东向构造,它们的成因很难再用前弧向南相对滑动引起的扭动作用来解释。当然有可能是在构造发育史的某一阶段,前弧部分作向北的反向运动所产生的反时针方向扭动而成。如这种可能存在,则在大弧东翼同时形成的北东向构造应显示张性。如果无论东翼还是西翼地区,北东向构造都是挤压性质,则有必要把它们作为一个统一体系来考虑。根据地球上北东向构造普遍出现的事实,作者认为应单独建立一个北东向构造体系,不过还要具体研究北东向构造体系中各序次构造的性质、方向和组合方式才能定论。北东向构造体系也衍生出一系列的构造,形成北东向构造系列(图 1-3)。

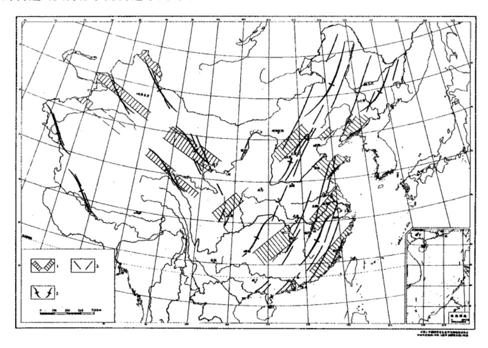


图 1-3 北东向与北西向构造系列的演化

1—早期构造;2—中期构造;3—晚期构造

我国东部地区为北东向构造系列特征最明显的地区,出现了一系列华夏类型的构造体系。最古老的构造体系称华夏系,发生在中三叠世以前,由一系列走向北东的隆起带、凹陷带和断裂带组成,控制了中三叠世以前的地层建造、岩浆岩和矿产的分布。随着反时针扭动的加强,挤压构造线的角距逐渐减小,先后出现了中华夏构造体系、新华夏构造体系、更新华夏构造体系等。在晚三叠世与晚侏罗世之间出现了走向北北东—北东的若干褶皱与断裂带,它们两端走向北东、中间段走向北北东,总体为 S 形,S 形的两端皆有燕山期纬向构造穿过,可见它们早于该期纬向构造,且沿纬向有顺时针方向扭动,控制了晚三叠世与侏罗纪的地层沉积与燕山早期岩浆岩与变质岩带的分布。白垩纪至古近纪形成了强大的新华夏系北北东向隆起与凹陷带及北北东向断裂带,它们切穿纬向构造。中生代末期,许多断裂转为张性,形成一系列地垒和地堑,有人称为东亚裂谷系,控制了这个时期的沉积地层和火山岩的分布。挽近形成的北东向构造,以东亚岛弧隆起构造带和东亚边缘海沉降带为典型代表,在弧形列岛上(隆起带)有强烈的褶皱断裂和喜马拉雅期岩浆活动,在弧后海盆中(凹陷带)有巨厚的新近纪和第四纪沉积。这些弧后海盆中各有一系列走向北北东—北东的次级隆起和凹陷存在,这些构造对海洋石油

的形成和聚集部位起了重要的控制作用。

挽近的北北东向断裂走向，有愈新愈偏向南北的趋势，有时兼右推压扭性，有人认为是由于太平洋向西或亚洲大陆向东的挤压所致。如此方向性的转变，在划分地震带、预报地震迁移趋势的工作中是很重要的。

4. 北西向构造系列

北西向构造是在北东—南西方向挤压力作用下形成的。这一组挤压力的起因，一种可能是沿经度方向的顺时针方向扭动；另一种可能是沿纬度方向的反时针方向扭动。在对纬向构造系列论述中提出的那些发育在北半球的巨大的弧形构造西翼地区（如中国西部），北西向构造特别发育，显示了前弧对砥柱相对向南的扭动。但是，巨大的弧形构造的东翼地区（如中国东部）也有北西向构造，它们的成因很难再用前弧地区向南相对滑动引起的扭动来解释。当然有可能是在构造发展史的某一阶段，前弧部分作向北的反向运动所产生的顺时针方向扭动而成。如这种可能存在，则在大弧西翼同时形成的北西向构造应显示张性。如果无论东翼还是西翼地区，北西向构造都是挤压性质，则有必要把它们作为一个统一体系来考虑。根据地球上北西向构造普遍出现的事实，作者认为应单独建立一个北西向构造体系，不过还要具体研究北西向构造体系中各序次构造的性质、方向和组合方式才能定论。北西向构造体系也衍生出一系列的构造，形成北西向构造系列。

我国西部地区为北西向构造系列特征最明显的地区。最古老的构造体系为西域系，它发生于古生代以前，总体定型于印支期，与华夏系的历史大体一致，由一系列走向北西—北西西的隆起带、凹陷带和断裂带组成，控制了侏罗纪以前的地层沉积、岩浆岩分布和矿产的分布。以后，由于顺时针方向的扭动加强，挤压构造的角距逐渐减小，出现了北西向的隆起和凹陷带，如阿尔泰—北山及祁连山隆起、准噶尔盆地—哈密盆地—柴达木盆地凹陷、婆罗科努山—祁曼塔格山—巴颜喀拉山隆起、塔北与塔东盆地—藏北盆地凹陷，它们控制了中、新生代的沉积。当它们遇到纬向构造时，也常弯曲为反S形。第三纪之后该区出现了河西系构造体系，一些走向北北西的断裂切穿了上述构造。有些地方发育在第四纪地层中，挽近仍在活动，控制了地震带的分布。

5. 棋盘格式断裂构造系列

1987年，作者研究了地球自转与全球断裂体系[3]后认为，如果能够把一次抑或数次在同一方式外力作用下发生的有成生联系的断裂称为断裂体系，那么也可以将全球有这种成生联系的断裂总称为全球断裂体系；地球总体和其各部分物质的运动是分层次的，所以形成的断裂也是有级别或序次的。

地球总体的运动变化有多种形式，最主要的一种是其扁度发生变化。譬如说，地球不停地旋转，特别是当转速增快时，地球的扁度增大，即由圆球体变为三轴椭球体。地球的另一种运动为南北偏心运动，古生代以来主要是向北偏心。地球还有一种运动称为东西向偏心，表现最明显的是非洲在隆起，太平洋在凹入。所有这些运动相伴产生的断裂，都是具有全球性的，可看成全球断裂体系的第一级构造成分。由于地球不等速运动，产生了经向和纬向水平力，在其直接作用下，出现的东西、南北、北东、北西或近东西、近南北、近北东、近北西向断裂，都是具有区域性的，可看作全球断裂体系的第二级构造成分。地球远非均质体，由于边界条件的变化，常使区域地应力场复杂化，从而出现了上述方向断裂的各种构造体系，隶属于这些构造体系的

断裂可视序次较低的为全球断裂体系的第三级或更低级的构造成分。它们共同组成全球断裂体系(图 1-4)。

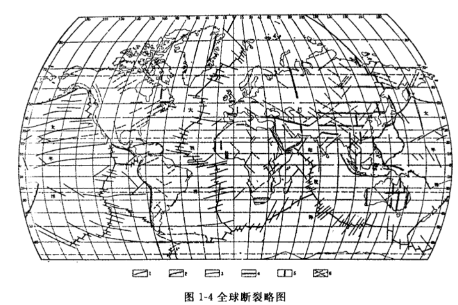


图 1-4 全球断裂略图

1—海岭(海底张裂带);2—贝尼奥夫带(挤压断裂带);3—海底断裂;
4—纬向断裂带;5—经向断裂带;6—北东与北西向断裂带

二、洋壳构造系统[4]

洋壳构造系统是发生在洋壳的构造,板块工作者从另外的视角已经进行了详细的研究。但是,从地质力学的观点来看,洋底构造的展布方向和力学性质与大陆构造具有共同的特点,它们都属于某些构造体系的组成部分,只是由于两者具有不同的地质环境和发展历史,显示了不同的特征,因此也可以单独划分为洋底构造系统,予以轮廓性地论述。

洋壳构造至少有三期:第一期是控制海底扩张带的断裂;第二期是海底扩张、板块运动及俯冲作用引起的构造;第三期是切断海底扩张带和板块的断裂构造。根据前面的论述,第一期构造和第三期构造与大陆构造体系的形成机制是一致的,即与地球自转运动相关。第二期构造是直接由海底扩张运动形成的,可称板块构造体系,它是在壳下熔融体运动力的推动下,由一个板块和它前进方向后方的张裂带(如洋脊)、前进方向的挤压带(如俯冲带)和板块两侧的扭性转换断层组成。有联系的板块构造体系组成板块构造系列,板块构造系列看来受着全球性星球网格构造系统、两极旋转构造系统和低纬度旋扭构造系统的控制。

(一)洋脊(海岭)构造系列

由于海底扩张,沿张开的裂缝中常有大量的玄武岩涌出,固结后形成洋脊、海岭、海堤或海隆。

1. 大西洋洋脊

总体为南北向。严格来说,在赤道以南至 40°S 走向为南北向,向南变为南东方向,与走向

北东的印度洋洋脊分支相连，环绕在非洲大陆之南。赤道至40°N为一向西突出的弧形(图1-5)。40°—56°N走向南北，再向北分为两支：一支至戴维斯海峡，走向北西；另一支经冰岛延至熊岛，走向北东。

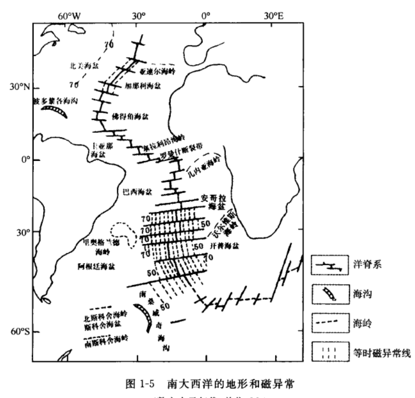


图1-5　南大西洋的地形和磁异常

(数字表示年代，单位：Ma)

2. 太平洋洋脊

太平洋洋脊在20°N—35°S大体走向南北，20°—40°N向西突出，40°N以北走向南北。从35°S向南分为两支，一支走向南西，与环绕南极的海岭相连；另一支走向南东，在南美洲南端与南美洲之东的走向北东的海岭相连(图1-6)。

3. 印度洋洋脊

赤道至20°S走向南北，向南走向南东，与环绕南极的海岭相连。大约在25°S附近，在南东向分支的西侧出现南东向分支海岭，环绕非洲大陆，与大西洋洋脊相连。从赤道向北，洋脊走向北西，至亚丁湾转为东西，然后呈北西向插入红海(图1-7)。

另外，在西太平洋、印度洋和大西洋，还散布了一些规模较小的海岭，走向主要为南北、东西，次为北东、北西。

总之，代表张性构造的洋脊和海岭走向，主要为南北向，次为北东、北西及东西向。也就是说，与地球坐标系保持一定的关系。

这些洋脊都有地震活动。

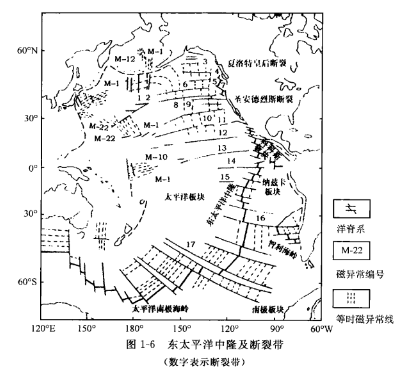


图 1-6　东太平洋中隆及断裂带

（数字表示断裂带）

1. Adak 断裂带；2. Amlia 断裂带；3. Aja 断裂带；4. Sila 断裂带；5. Sedna 断裂带；6. Surveyor 断裂带；7. Blanco 断裂带；8. Mendocino 断裂带；9. Pioneer 断裂带；10. Murray 断裂带；11. Molokai 断裂带；12. Clarion 断裂带；13. Clipperton 断裂带；14. 加拉帕戈斯断裂带；15. Marquesas 断裂带；16. Easter 断裂带；17. Eltanin 断裂带

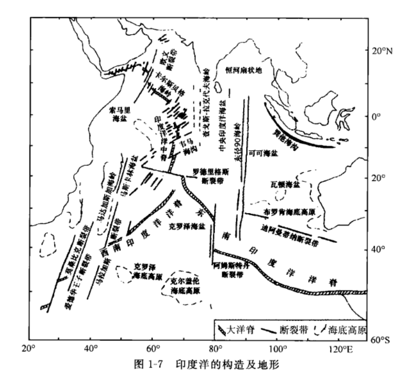


图 1-7　印度洋的构造及地形

（二）海沟构造系列

海沟的数量远远少于海岭。海沟是海底深陷的槽子，在它的一侧往往有一条巨大的俯冲断层，伸向大陆的深处。沿着这个带挤压强烈，有变质带、火成岩带和强烈地震带相伴生。

最大的海沟构造系列是环太平洋构造系。环太平洋构造系的基本特征是地震最集中、最强烈的地带。它的震中带平均宽 200 km，震源最深可逾 670 km。若以震源深度 0～70 km 为浅源地震、70～300 km 为中源地震、300～700 km 为深源地震来考虑，全世界约 80％的浅源地震、90％的中源地震和几乎所有的深源地震都集中于此，地震能量占全球地震能量的 85％。

绝大多数大地震和特大地震都发生在这一构造系内。1900－－2001 年全球共发生 $Ms \geqslant 8.0$ 地震 47 次，发生在环太平洋地区的为 39 次，占全球的 83％。

环太平洋构造系可分为西太平洋海沟构造带和东太平洋海沟构造带两个构造带。

1. 西太平洋海沟构造带

太平洋的西部，有一条深达 10 多千米的海沟，北起堪察加半岛的南端，向西南延伸，经千岛海沟、日本海沟向南分为两支。东面的一支，沿着小笠原海沟到达马里亚纳海沟，再转向南西。这一段由三条较短的，从东北向西南呈雁行状斜列的北北东向海沟组成。抵达加罗林群岛后，转向南东东，由一系列走向北西的海沟，如新不列颠海沟、维拉亚兹海沟和平行萨摩亚群岛的海沟组成雁行状排列。然后，再转向南，与汤加海沟、克马德克海沟连在一起，成为一个 S 形，这就是通常所说的安山岩线所在的位置。西面的一支，沿琉球群岛海沟南下，经菲律宾海沟，再向南卷入以班达海为中心的旋涡。绕过班达海旋涡，循苏门答腊岛和爪哇岛南侧，又有一条近于北西走向但略向南面突出的弧形海沟，叫爪哇海沟。

2. 东太平洋海沟构造带

南美洲的西岸发育有阿塔卡马海沟和秘鲁—智利海沟。这一深陷的海沟向北延伸，称为危地马拉海沟。在巴拿马西边开始转向北西直到加利福尼亚湾与东太平洋海岭相遇，海沟从此消失。但在北美西岸，却发育有与南美西岸可类比的强烈的褶皱山系。

（三）转换断层构造系列

转换断层绝大多数与海岭相伴而生，其走向基本上与海岭的走向相垂直。

东太平洋海岭上发育了一系列长达 1000 多千米近东西向的断裂带，从北向南主要有奇努克断裂带、门多西诺断裂带、默里断裂带、莫洛凯断裂带、克拉里永断裂带、克利帕顿断裂带、加拉帕格斯断裂带、复活节岛断裂带、查林杰断裂带、弗尔南德斯断裂带和埃尔塔宁断裂带等。

大西洋中间海岭上也发育了许多巨大的近东西向转换断层，包括大西洋断裂、罗曼奇断裂等。

非洲以南和大洋洲以南，海岭弯曲呈弧形，总体走向近于东西，转换断层呈放射状，大体走向近南北。

被洋脊、海沟、转换断层围绕的板块的数量，全球从最初的 6 个大板块增加到了 12 个主要板块和许多微板块。

如果我们把海沟看做挤压构造带；把海岭看做引张构造带；把转换断层看做扭动构造带，从它们的走向判断，无疑也应该与地球自转产生的纬向力与经向力有关。由此看来，陆壳构造

系统和洋壳构造系统形成的动力系统是一致的。

三、全球构造系统

(一)星球网格构造系统

1. 陆壳构造与洋壳构造相互联系

首先,陆壳之下存在洋壳构造是肯定的。发育在大陆的许多深大断裂,一般都切穿陆壳,导致超基性岩等深部岩浆活动和深源地震;非洲大裂谷将非洲分裂为东西两个板块;中亚地区在印度板块和中国板块的西缘可能为一俯冲带;中国阴山带以北可能存在一条地缝合线;中国中部南北构造带可能深达壳下等。所有这些构造的共同特点是,其方向都与地球坐标系保持一定的关系,隶属某一构造体系的构造成分。

有些人将中国大陆划分了许许多多、大大小小的板块,认为它们在中生代以前是孤立的,以后才碰撞在一起。这一论点太具随意性,是难以令人接受的。因为大量事实说明,在这些地区无论地层、构造、岩浆岩的演化甚至海水进退、气候变迁都保持相当规律的有序性和整体联系性。设想在原本孤立、相隔万里的板块中原来就已经发育有同样的或有联系的地质现象,以后漂移万里,又恰巧碰撞衔接在一起,甚至古构造完全接轨,这是完全没有可能性的。

其次,海底扩张形成的板块与大陆的碰撞,形成大陆边缘的俯冲带,并作为动力条件之一,控制与影响了大陆靠近海洋一定范围内的构造形迹。如中国东部有些北北东向大断裂,推定属于向东倾斜的俯冲带的分支断裂,是完全有可能性的。

伏于陆壳下面的板块,作为砥柱控制了陆壳地应力场和构造体系的形成。如印度板块和太平洋板块,一方面向北运动,一方面作为砥柱阻挡了中国大陆向南滑动,形成了中国弧及一系列级次更低的弧形、山字型及扭动构造体系。

另外,陆壳构造如北美洲西岸北北西—北西向构造,向西推复在太平洋一系列东西向洋底断裂之上。伏于陆壳之下的板块运动,也影响到陆壳构造的形成。譬如,印度板块在中国西部从南向北运动,在西部地槽区与东部地台区之间,发生顺时针向扭动,这种扭动力影响到地壳上部,使川滇南北构造带发生顺时针向扭动,出现一系列走向北北东的构造,沿近南北向排列,这也是一种复合关系,可暂称为“类归并”。

2. 陆壳构造及洋壳构造共同受着全球构造系统的控制

陆壳构造和控制海底扩张的断裂构造的形成,以及切断海底扩张带的晚期断裂,都受着地球自转造成的纬向力和经向力的控制。它们具有明显的定向性,并与地球自转坐标系保持一定的联系。

在地球自转过程中,地球的形态变化对陆壳构造和洋壳构造的形成起到了重要的控制作用。例如,地球扁度最大的赤道和低纬度地带,南北向张断裂和海岭最发育;在地球东西偏心运动和地球南北偏心运动造成的隆起区——非洲和南极周围都发育了强烈的环状海底扩张带。

3. 星球网格构造系统的构成

陆壳构造系统和洋壳构造系统不是孤立的,从成因到分布都具有密切联系性,受着全球性

构造系统的控制。

地壳某一区域在一定方式和方向的动力作用之下形成了一定型式的构造体系。构造体系形成之后，改变了动力作用的边界条件，于是出现了与原先形成的构造体系型式不同的构造体系。新的构造体系的形成，使动力作用的方向和方式更加复杂化，型式多样的构造体系便相继产生。所以说，构造体系的出现，也往往是一连串的现象。本书将地壳某一区域在一定方式和方向的动力作用之下所发生的一连串有联系的构造体系，称为构造系列。由一系列构造系列、构造体系和不同序次的结构面组成的整体称为全球构造系统。其中，最发育的是星球网格构造系统，其主要构成要素是有以下八个。

(1)纬向构造系列。地壳上主要的纬向构造体系，约按纬度 7°～8°出现一条，彼此间隔约 900 km；二级、三级及低级的纬向构造带的间隔成倍减小；纬向构造在中纬度最发育，而且北半球比南半球更发育。

(2)经向构造系列。经向构造主要集中在赤道两侧和南半球。最大的东太平洋海岭、大西洋海岭、中印度洋海岭彼此间隔约 90°。大西洋海岭、东非裂谷、中印度洋海岭间隔为 40°～45°。大陆上巨大的经向构造带，间隔为 45°或 25°左右。亚洲东部规模较大的经向构造带大约每 10°出现一条。我国的经向带的间隔为经度 4°～6°或 2°～3°，更低级的经向构造的间距成倍减少。

(3)北东向构造系列、北西向构造系列。地壳上最发育的北东与北西向构造系列，沿赤道方向相间出现，大约在 170°—100°W 之间以北西向构造系列为主；100°W—10°E 之间以北东向构造系列为主；10°—100°E 之间以北西向构造系列为主；100°E—170°W 之间以北东向构造系列为主。它们连接起来在 100°W 和 100°E 左右构成向南突出的弧形，所以北东与北西向构造系列，归根到底也主要是经向力作用下形成的。巨大的北东与北西向构造带，都按大约 1000 km 的间隔出现，低级构造带的间隔成倍减少。

(4)太平洋周边环状构造带。围绕太平洋的西、北、东三面皆为海沟和挤压带，南面为张扭性的海岭。

(5)非洲外围环状构造带。围绕非洲大体为一环状的张裂带，包括南大西洋海岭、西南印度洋海岭、中印度洋海岭—红海裂谷，只有北面地中海一带为挤压和扭性构造带。环状的中心大约在 10°E 与赤道的交汇点。

(6)围绕南极，大致在 60°S，有一环状海岭带和海盆，以扩张为主。

(7)围绕北极，大致在 60°—70°N 出现了以挤压为主的环状构造带。

(8)从垂直剖面上看，沿着软流圈和其他不连续面，上下层之间曾发生过水平滑动，这些巨大的层状滑动面，也是地球上构造集中发育的地方。

以上 8 个环状构造带，尽管由于地球结构不均一和其他构造的影响不十分规则，但轮廓是存在的。地球上绝大多数构造地震、火山活动、挽近强烈的构造活动带几乎都发育于这几个环状地带内。所组成的总体形态类似星球网格构造系统，反映了球体自转和扁度变化所产生的动力作用。

(二)两极旋转构造系统与低纬度旋扭构造系统

星球网格构造系统是最显著的构造系统。除此之外，地球上还发育了两个全球构造系统(见(彩)图 1-8)。

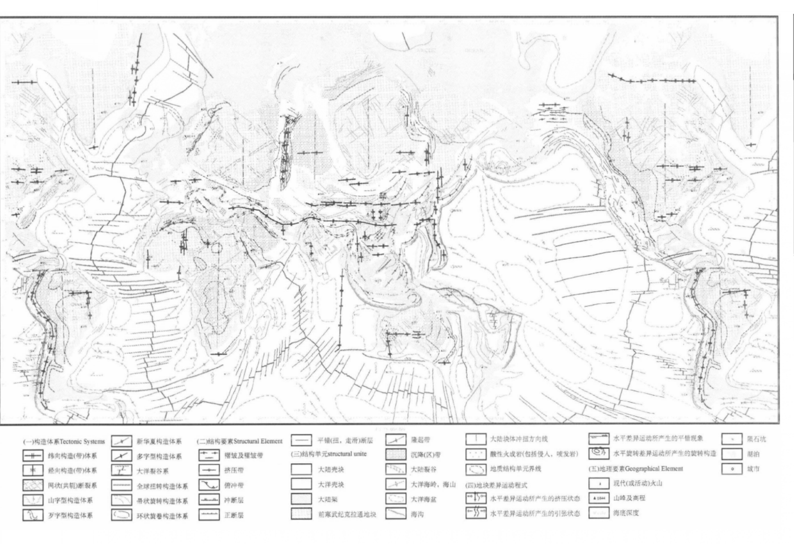


图1-8　全球表壳构造纲要图（苗培实，周显强等 2010）

(1)两极旋转构造系统。起码包括若干围绕两极的同心旋转构造、辐射状构造和若干S形构造。

(2)低纬度旋扭构造系统。在亚洲和大洋洲大陆之间的5°N—10°S,东南欧大陆与北非大陆之间,南北美大陆之间发生激烈的扭错,形成了班加西—西奈半岛似歹字型构造,托罗斯—札格罗斯歹字型构造,帕米尔—喜马拉雅歹字型构造,藏、缅、印尼歹字型构造,巴布亚新几内亚—新赫布里底岛歹字型构造和班达海旋转构造,加勒比旋转构造等。

这两个构造系统控制了板块运动和火山带、地震带,可以肯定其对矿产分布以及海洋运动和气候变化以及巨灾事件的形成也会造成一定的影响,这是需要今后进一步调查研究的问题。

从全球性构造系统复合关系来看,首先出现的是星球网格构造系统,然后是两极旋转构造系统,再后是低纬度旋扭构造系统。如此形成机制,意味着低纬度旋扭构造系统是当今最活跃的构造系统,应该是地震等巨灾事件发生最多的地带。

第二节　影响巨灾事件形成与分布的海洋因子

海洋对巨灾事件的致灾作用主要是两个方面。第一个方面是海平面的变化,海平面上升不仅可以加剧风暴潮、海啸、风暴海浪等海洋灾害的规模和强度,淹没沿海地带,甚至可能使岛屿覆没;海平面下降,可能改变海洋环境,发生生态灾难。第二个方面是洋流运动状态的变化和海气相互影响,可产生灾难性天气系统,从而导致台风、洪涝、干旱等巨灾事件,甚至影响岩石圈的平衡,诱发地震和地质灾害。

一、海水进退与地壳运动[5]

关于海洋运动的机制与原因,E. 徐士(Eduar Sucss)曾最早提出了海洋全面升降的论点。尔后,E. 豪格(Emile Haug)提出了不同地区海水互为消长的看法,而反对E. 徐士的观点。C. S. 舍特(Charles Sahu Chert)和H. 斯蒂莱(Hans Stile)曾著文反对霍格的看法,但对海水进退规程并未提出令人信服的意见。

近些年来,许多学者特别强调海平面的波动与冰川进退有关。冰川进退无疑是一重要原因,尤其对第四纪海水进退的解释似很适合。然而,冰川的进退不过是气候变化的反映,如果认为这是控制海水进退的主要原因,很难说明气候的变化或冰川的进退怎么能使地核、地幔、岩石圈发生同步变化,也很难解释地质历史时期中那些没有冰川的年代仍有海进与海退发生的现象。

随着工业的发展,人类加速利用矿物燃料,使大气中CO_2成分不断增加。许多人认为,CO_2的增加,因"温室效应"会使地球大气的温度增高,并导致冰川消融使海平面升高。人类活动对气候的反馈影响确应重视,但人类的出现只有300万年的历史,工业时代仅数百年,显然也不是控制海水进退的根本原因。

海洋的扩张与海洋中脊的增长,无疑会改变海盆的容积,使海平面的高度发生变化。但是,这个原因不能解释海水进退的各种尺度的周期,也不能说明海水在大陆上之所以作有方向性(南北)的进退,更很难说明海底扩张引起的海水进退为什么与气候会发生同步变化。

其他,诸如海水温度的变化、大气压强的变化、海陆相对升降、地球深处原生水的补给、河流的冲淤量与海洋沉积速度、冰川的滑塌等,当然也会影响海平面的变化,然而它们无论在时

间上或空间上只有局部的意义。

通过上述简单剖析可以认为，以上种种原因对海平面的变化确有一定的影响，然而都是现象，皆不能作为主要原因。

那么，控制海平面变化的根本原因是什么呢？1926 年我国著名地质学家李四光教授，首先提出海水进、退与造山运动有一定关系。他在《地球表面形象变迁之主因》一文中全面论述了地球自转角度变化对大陆构造形成的控制作用后，谈到[5]：

"还可以作另外一些有深远意义的理论推导，诸如古山脉的走向、气候旋回的时间分布、火山活动的时期、生物群的迁移等；但这样会大大地扩大我们讨论的范围。目前，我们只消简述一下海侵现象；就连这样做，我们也只能接触到一些很概括的特征。

"为了我们现在的目的，我们可以把壳下层作为重圈的最上层考虑。重圈转速的任何变化，都将迅即被壳下层，至少其下部，所分担。特别活动的海洋体，转速一开始增快，立即冲向赤道，从而造成一个较扁的表面，当地球转速一慢下来，即立刻撤退。但大陆则远为刚性，速度增加不超过某一极限，不会开始运动。当转速达到极大值时造山幕才开始表现。陆缘海一般趋于跟着海洋的运动，也就是说，当转速开始加快时或在主造山幕以前，陆缘海水趋于侵向赤道，当在主造山幕起始期间或紧接其后，转速减小，陆缘海水从低纬度撤退，或侵向极区"。

1928 年李四光在《古生代以后大陆上海水进退的规程》[6]中列举并分析了大量事实的基础上，作了如下结论性的总结：

"总观前表，我们似乎不能不承认地球上每一次大改革以前，北半球上的海水，都有往赤道方面移动的趋势；而当改革进行的时期或改革以后，海水又有往北极方面流注的趋势。南半球方面地层继承的状况，现在还不明了；所以这个原则，是否适用现在还不能断言。单就北半球说，除了造山运动的前后，地球旋转的速率变更，似乎没有其他的原因，能酿成如此的结果。"

1929 年李四光在《东亚一些构造型式及其对大陆运动问题的意义》一文中，进一步阐述了大陆构造运动与海水运动的关系[3]：

"构造演变(evolution)与革命(revolution)的概念和我们的结论很适合。演变期就是物质的凝缩逐渐开始的时期。随着物质的凝缩，地球转速逐渐增大，直到地壳不能再支持这样引起的切向应力的临界时期。于是，构造革命爆发了，其实效是大陆块的上层整体向低纬度进行某种程度的位移。当聚集的应力通过扭动、动力变质、山脉的隆起以及火成岩的侵入或喷出等而解除时，残余动能的一部分将分担大陆块的变位所要求的动量。因此地球的转速将略微和暂时变低了。应力的这一突然的解除和速率的略微减小一起，势将导致压力的普遍松弛或休止。同时地球的内部可能慢慢调整到一个新的状态，以适应改变了的旋转运动。平衡将再一次建立。一个演变时期将重新开始。

"海水的活动应该作为推论地球旋转变快变慢的敏感标志。如果地球物质的集中是由于洋底沉落的话，那么海洋的深度和相应的海洋的体积势将随之增加。这意味着造山期以前海洋趋于从大陆撤退。但事实却相反。另一方面如果地球物质的集中是由于地球的收缩，而洋底仍保持其一般的深度，那么地球在收缩时，或在造山期以前，多余的海水必将到大陆的低凹地区找出路。其结果将是一次广泛的海侵。由于活动的水圈无疑较之岩石圈对地球转速的增加更为敏感，因此，随之而来的造山运动开始以前，海侵在低纬度更为显著。海侵的实际范围，实受重力势和局部地形的条件所控制；紧随运动以后，地球的旋转速度略有降低，海侵则将在极区发生。

“这种理论的推导提出了过去地质时代历次海侵的整个问题。这一课题太大以致不能在此详细论述。然而，我们可以略述一下比较显著的海侵及其间的造山运动的相对顺序。美洲和欧亚广泛的泥盆纪海侵，随着这次海侵的是以中亚天山运动为特征的一次强烈造山运动；同样，晚石炭世海侵或乌拉尔海侵是被海西运动所跟随，晚白垩世海侵之后为拉拉米运动，而鲁特(Lutetian)海侵之后则是中和晚第三纪运动。紧接这些运动之后，极区颇大的面积沉于海水之下。这些运动的时期主要是指欧亚大陆北部与北美北部的早石炭世，西伯利亚的石炭二叠纪，北欧和可能西西伯利亚的谭内特期(Thanetian)以及欧亚北部的早更新世。广泛运动的每一幕即结果一个地质旋回。”

李四光的见解是很有启发的。根据这一思路，笔者曾提出了如下见解[6]。当地球自转角速度增大时，所产生的惯性离心力水平分力的方向从两极指向赤道。这个力影响到气圈，使两极冷空气吹向赤道方向，气候带南移，大气椭球体扁度增大，赤道部分气圈厚度增大影响了接受太阳的辐射能，地球的气候逐渐变冷。当这个力影响到水圈时，使海水从两极流向赤道，极区出现海退，赤道部分发生海进，由于赤道地球半径最大且海水向赤道集中的结果，往往使赤道地区以外的广大地区发生海退。当惯性离心力水平分力增加到一定程度，岩石的强度再也抵抗不住从两极向赤道的切向压力时，于是便发生了构造运动，形成了各种构造形迹。同时，这个力也可以作用到地幔，使地幔物质发生流动，地温增高，岩石熔点降低，岩浆物质便沿构造的软弱带，特别是沿扩张带乘虚而入，形成岩浆侵入岩与火山岩。由于地球表面环境的剧烈改变，使许多生物灭亡，另一些新的生物孳生，在生物界出现了飞跃。

当地球的转速增加到一定程度并持续一定时间后，海水从两极集中到赤道，壳内物质向赤道方向流动，大规模火山喷出和岩浆上侵，都起到了使转动惯量增加的作用。此外，表层向地球运动方向的后方相对滑动所产生的“刹车”作用以及潮汐作用等因素，使地球的自转角速度转而变慢。这时，动力的作用方向从赤道指向两极，热带风吹向两极，气候带向北迁移，大气椭球体扁度减小，赤道部分气圈厚度减薄利于地球对太阳辐射能的接受，于是气候变暖。与此同时，海水从赤道流向两极，除赤道部分外，其他地区发生海进。自赤道向两极的力影响到岩石圈，产生了与地球自转速度变快时应力场特征相反的构造形迹。垂直运动增强，出现大陆裂谷和均衡代偿及侵蚀夷平现象。地幔物质运动减弱，岩浆活动相对微弱。地核与地幔的相对运动方向可能与地球自转速度变快时恰好相反，按着古地磁场产生的自激发电机原理，使磁场倒转，发生了地磁事件。

当地球自转速度变慢到一定程度并延续一定时期后，由于大气椭球体扁度减小，海水向两极方向集中，重力均衡作用使重物质下沉，种种原因使地球的转动惯量减小，从而又使地球的转速增大。地球时快时慢的转动，就使海进与海退交替发生，并使气圈、岩石圈、地幔、地核的物质运动发生同步变化。地球运动的周期恰是海水进退或海平面变化的周期。所以我们认为，地球的自转运动是海平面变化的根本原因。一般来说，当地球自转角速度变慢时，除赤道地区外，为海进时期；当地球自转角速度变快时，赤道地区为海进时期，其他地区为海退时期。

二、中国大陆海水进退规程的特点

根据我们对地质历史上中国大陆海水进退规程的研究，发现有如下七个的特点。

1. 海水进退周期呈螺旋状波浪变化

从寒武纪以来，中国大陆经历了三次大的海进间海退：寒武纪(540 Ma)开始的第一次大

海进，中奥陶世(445 Ma)开始的第一次大海退；泥盆纪(405 Ma)开始的第二次大海进，晚石炭世(300 Ma)开始的第二次大海退，早三叠世(230 Ma)开始的第三次大海进，晚三叠世(205 Ma)开始的第三次大海退。海进的周期约为 150 Ma。

每一个大的海水进退历程中，还包括了一些时间尺度短的和更短的海进和海退。如早寒武世(540 Ma)、中寒武世(520 Ma)、早奥陶世(470 Ma)、早志留世(440 Ma)、早泥盆世(400 Ma)、早石炭世(340 Ma)、早二叠世(280 Ma)、中三叠世(210 Ma)、中侏罗世(170 Ma)、早白垩世(130 Ma)等海进(及以后的海退)，其周期约为 50～70 Ma。

更短的周期还有古新世海进(61 Ma)、早始新世海进(51 Ma)、中始新世海进(40 Ma)、渐新世海进(31 Ma)、中新世海进(18 Ma)、上新世海进(5 Ma)，其间隔为数百万年。

第四纪早、中更新世的海进，从早到晚依次为永乐店海进(306 万年)、黄海海进(240 万年)、渤海海进(179 万年)、海兴海进(126 万年)、天津海进(100 万年)、黄骅海进(56 万年)、青县海进(20 万年)，其周期约为 50～70 万年或半周期 25～35 万年。据统计，200 万年以来，共发生冰期气候 20 次，间冰期出现海进，周期平均 10 万年。晚更新世白洋淀海进(10 万年)与沧州海进(4 万年)的间隔为 6 万年。全新世高海面出现在 8500～7800 年、7300～6700 年、6000～5000 年、4600～4000 年、3800～3100 年、2500～1500 年，周期为 1000 年与 500～700 年。据数百年来世界海平面与气候变化资料，还存在 180 年与 90 年周期。近 20 年来，据我国海平面观测站的实测资料，最高海面出现在 1964 年和 1975 年，其间隔为 11 年。期间，还存在 5～6 年半周期。每天的潮位有高有低，其周期为一天、半天。

2. *海水进退与构造运动紧密联系*

地壳的构造运动是由激烈与缓和两种状态交替出现为特点的。激烈的运动通称造山运动，缓和的运动通称造陆运动。大量的研究工作证明，海退之后往往发生较强烈的构造运动，构造运动之后，出现另一次海进。从吕梁运动以来，规模较大的运动有加里东运动(广西运动)、海西运动(天山运动)、印支运动、燕山运动。其中，加里东运动、海西运动、印支运动恰与中国大陆第一、第二、第三次海退时期相对应，印支运动之后，海水几乎全部退出中国大陆。但从低纬度地区海水进退规律来看，燕山运动、喜山运动仍是发生在这些时期。最近，根据对地震活动周期的研究，发现地震活动高潮期也恰好处于海平面变化最大的时期。

在海进时期，动力的作用方向改为自南而北。此时，垂直运动现象显著。

自震旦纪以来，中国大陆的强烈构造带，作一弧形呈波浪状向南推移，愈向南构造形成的时期愈晚。令人惊异的是，自震旦纪以来，海进的范围也愈来愈向南退却，中生代基本退出了中国大陆，新生代的海进，仅呈弧形出现在中国大陆的西南、南和东部边缘。

基于构造体系所反映的地应力场的分析，中国大陆在许多时期确发生过自北而南的运动，与海退的方向相一致；而在另一些时期也发生自南而北的运动，与海进方向相一致。

海底扩张学说问世以后，哈拉姆(Halam)提出了海岭垂直运动对海平面波动的影响。大洋底海岭的总体积约为 1.6×10^8 km^3，占全部海水体积的 1/9，可以想象，海底的扩张对海平面的变化是有重大影响的。当海洋扩张时，海面降低；随着火山岩物质的大量涌出，当高度增大时或海岭长度增大时，海岭体积扩大，大陆将发生海进，反之发生海退。据伯格尔(Berger)估算，如海底扩张速度变化 10%，并持续 1000 万年，海平面将发生 20 m 的变化。我们知道，海底强烈扩张的时期，正是构造运动强烈的时期，在这个时期之后出现海进，与大陆上反映的

规律是不矛盾的。

3. 海水进退控制地层沉积规律

一般在海进时形成海进序列的地层层序，海退时形成海退序列的地层层序。在海进期多还原环境的沉积物，海退期多氧化环境的沉积物。在大陆上对应间冰期（海进期）常有泥炭沉积，对应冰期（海退期）常有黄土类沉积。海平面与海水温度下降常是沙漠扩大的信号。

4. 海水进退与岩浆活动周期相关联

在地质历史上中国大陆曾发生过多次岩浆活动，比较强烈的时期集中在 460～340 Ma（高峰期在 410 Ma），310～210 Ma（高峰期在 250 Ma），210～140 Ma（高峰期在 160 Ma）及 130 Ma。将这个时期与我国大陆海水进退的规程相比不难发现，当每次海退开始不久岩浆活动开始，至海退转向海进时达到高潮，尔后则逐渐平静下来。

火山爆发使大量火山灰喷向空中，因"阳伞效应"使气温降低，冰川发育，海平面降低。

第四纪以来华北与东北的火山活动主要有六期，分别出现在永乐店海进、渤海海进、黄骅海进、青县海进、沧州海进、天津海进之间的海退时间。

5. 海水进退周期与气候变化周期相一致

在地质历史时期，地球的气候在不断地变化。几亿年的气候史，大致是以温暖时期与寒冷时期交替出现为其基本特点的。在漫长的气候变迁过程中，地球曾出现了几次大冰期，即震旦纪冰期、石炭二叠纪冰期、第四纪冰期（彼此时间隔为 270～300 Ma）。另外，在泥盆纪初、二叠纪末、白垩纪末，气候也显著变冷（彼此间隔大约为 50～70 Ma 或其倍数）。值得注意的是，这几个时期恰好与海退时期相对应，而间冰期则与海进时期相对应。第四纪这一规律更加清楚，龙川冰期之后为永乐店海进，狮子山冰期之后为渤海海进，鄱阳冰期之后为天津海进，大姑冰期之后为黄骅海进，庐山冰期之后为白洋淀海进，大理亚间冰期出现沧州海进。大理冰期之后，北半球出现了 5 次气候寒冷期（即所谓新冰期），大约每 2500 年出现一次冷峰，与低海面相对应。据气象学家研究，更短的气候变化周期还有 400 年、80～90 年、22 年、11 年、5～6 年，乃至每年冬夏气候周期和每天昼夜气温变化。

6. 海水进退与古生物演变关系密切

据研究，地表大陆的海进广泛阶段往往是生物逐渐发展的时期；而在海退时地壳剧烈运动，是生物飞跃或突变的时期。事实上，每一次大规模的海水进、退都引起了生物界的一次重大变革，而生物的活动特别是植物与人类活动的反馈作用，又往往影响了地球的气候变化和海平面的升降。

7. 海水进退与古地磁变化存在某种内在关系

近 20 年来，古地磁研究的进展很快，最大的成就之一是发现在地质历史时期多次出现地磁倒转现象，其周期有 280～300 Ma，140～150 Ma，30～50 Ma 及更短的周期等。大体说来，震旦纪末—中寒武世、中泥盆世—二叠纪末、三叠纪初—白垩纪末以及第三纪以来为负极性为主的时期。在此特别值得注意的是，正负极性交替时期恰是海进与海退交替的时期。第四纪以来，出现了一系列地磁事件，华北地区的每一次海进几乎都出现在一次地磁事件之后，如奥尔杜威事件之后的渤海海进、布莱克事件之后的白洋淀海进、蒙哥事件之后的沧州海进等等

(图 1-9)。

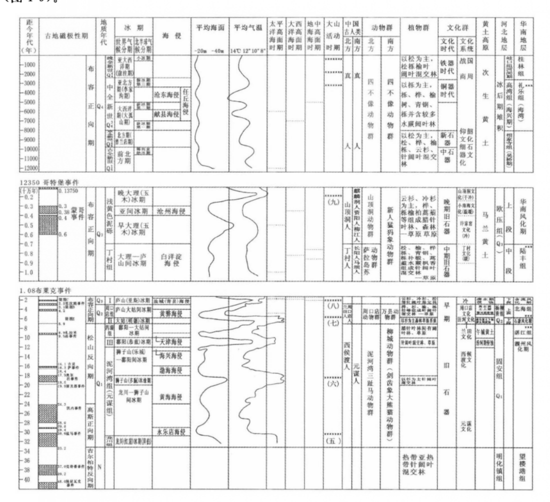


图 1-9　中国海平面升降变化与第四纪气候演化及其他地质现象相关关系示意图

三、现代洋流运动方式

在现代各个大洋中,有许多洋流((彩)图 1-10)。太平洋的水体,从中美洲西缘开始,大致沿赤道向西流动,至西伊利安岛以后分为两支:北面的一支,循亚洲东岸向北流动,在日本以东转向东流,然后在加利福尼亚以西又转向南流,大致构成一个椭圆形;南面的一支,循澳大利亚东岸南流,至新西兰转向东流,再平行南美西岸北流,也构成一个椭圆形。值得注意的是,北太平洋洋流的流动方向刚好与南太平洋相反,前者为顺时针向,后者为反时针向。类似的情况在大西洋和印度洋均可见到。在这两个大洋中,也分别构成了南北两个环形洋流,北面一个作顺时针方向的流动,南面一个作反时针方向的流动。如果把这些对称的洋流看作水体中差异运动引起的话,则意味着赤道部分的海水有一股向西去的流势,越靠近赤道流势越大,这一现象与岩石圈低纬度自东向西的纬向惯性力越来越大的事实完全一致。

显然,地球自转对现代洋流运动起着重要的控制作用。

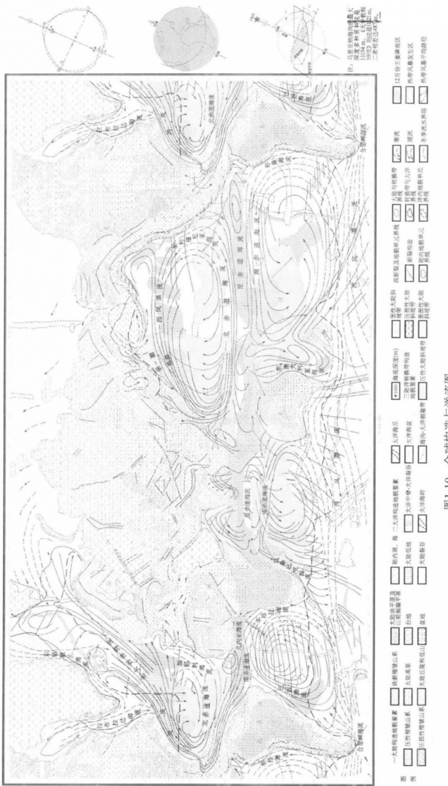


图1-10　全球构造与洋流图

四、厄尔尼诺与拉尼娜现象

海洋总质量是大气的 280 倍，热容是大气的 1200 倍，如将 100 m 深的海水温度变化 0.1℃，则释放或吸收的热量可使空气温度变化 6℃。因此，海洋运动与海温的变化对全球气候变化具有很大的影响。

大气的运动影响着海洋表层水体的流动，热带海洋又是大气能量的宝库。厄尔尼诺(El Nino)现象是海洋—大气相互作用的突出例子，是叠加在气候变化上的扰动。厄尔尼诺一般持续时间虽仅一年左右，但其气候效应则更为深远，它不仅强烈影响热带地区的大气环流、风场、海温、洋流和降水等，还通过瓦克环流、哈特莱环流对中高纬天气、气候产生影响。大气总是以它特有的规律不停地运动着，如果哪个地区发生了异常，大气环流就会把这种信息由近及远地传播开去，不仅使其周围的地区受到影响，而且还会波及非常遥远的地区。异常的程度越大，范围越广，影响的地区也就越大。厄尔尼诺正是通过大气环流的作用，把热带地区大气、海洋发生的这种异常信号传给了热带的其他地区和中、高纬度地区，甚至给全球气候带来影响。除热带太平洋地区，厄尔尼诺还与世界上很多地区的气候存在着遥相关关系。

厄尔尼诺对北美洲气候的影响比较明显。在厄尔尼诺出现时，北太平洋副热带的高度场为正距平，中高纬度太平洋高度场为负距平，加拿大西部为正距平，而美国东南部是负距平。这就是所谓的太平洋北美流型(PNA pattern)。可见，这个流型中高纬度高度距平中心大致与槽脊的位置相一致。因此，厄尔尼诺事件发生时，北美大陆高空西风槽脊振幅将加大，北美大槽更趋加深，造成更强的冷空气南侵，这可能是 1976 年(厄尔尼诺年)美国东部冬季气温极低的原因。1982—1983 年的强厄尔尼诺事件出现后，美国东部冬季再次出现极反常天气，强风暴、严寒和大雪给人们留下极深印象。1983 年夏又出现酷热天气，炎热和少雨导致干旱，使北美这一年粮食减产 13.7%。

据研究，我国大部地区一般在厄尔尼诺事件发生的第二年，夏季以多雨为主，只有黄淮一带降水偏少。从分布特点来看，主要多雨带大致可分为南北两条，一条位于长江及其以南地区，另一条位于北方地区。据对 1951—1998 年我国长江淮河流域洪涝资料的统计，49 年中有 4 次特大洪涝(1954 年，1983 年，1991 年，1998 年)和 7 次大涝，均出现在对应的厄尔尼诺事件发生的当年或次年。在反常的厄尔尼诺形势下的 20 世纪 90 年代，江淮流域的旱涝灾害也出现异常。1991 年夏季江淮流域发生特大洪涝灾害；1993 年初夏，长江下游及其以南地区再次出现雨量超过常年 1 倍以上的大洪大涝的年份；1995 年初夏，长江中游尤其是洞庭湖和鄱阳湖地区，出现连续性大暴雨。反之，在两次厄尔尼诺事件之间的 1992 年夏季，长江流域偏旱，1994 年夏季奇旱。1997 年夏季江淮流域持续阴雨，1998 年则发生了自 1954 年以来最严重的全流域性的特大洪水。

长江流域的梅雨与厄尔尼诺也存在明显联系。厄尔尼诺发生后，长江流域的梅雨减少，甚至造成空梅，如 1958 年和 1965 年。

1983 年的强厄尔尼诺事件，华南地区冬春季发生罕见暴雨和大暴雨，出现了大洪水；长江中下游这年雨量也偏多，涝灾较重。1997—1998 年的强厄尔尼诺事件致使我国长江中下游再次多雨。

厄尔尼诺对中国北方气候变化的影响同样显著，几次很强的厄尔尼诺事件也都给我国北方带来少见的气候异常。我国东北夏季的低温冷害与厄尔尼诺事件有关，1972 年东北地区夏

季出现了严重低温冷害，1976 年夏季的低温使东北地区粮食减产达 50 亿 kg。1972 年华北大旱，山西旱灾尤为严重，连续七八个月未下雨，北方的干旱使黄河在山东境内断流；1983 年华北再次出现高温干旱天气。1997—1998 年的强厄尔尼诺事件甘陕地区发生较严重的干旱。

当然，厄尔尼诺带来的也不全是灾难。厄尔尼诺年西太平洋台风和在中国登陆的台风数都少于多年平均值，减少了台风灾害损失。厄尔尼诺事件带来的降水使一些常年不见雨水的地方喜得甘霖，甚至沙漠地区的植被得以繁衍。

厄尔尼诺实际上是赤道东太平洋海表水温升高的一种现象。近年来人们发现，这种水温升高现象并不是仅局限在年际时间尺度上，也可以发生在更长的时间尺度上。这就提出了一个厄尔尼诺低频变化的问题。

自从 20 世纪 70 年代中期以来，厄尔尼诺发生得似乎更频繁了，强度也比过去几十年大。特别是 90 年代，先是在 1991—1995 年几乎连续出现，然后很快在 1997 年再次发生。1997—1998 年的厄尔尼诺可能是 20 世纪最强的一次，造成的全球气候异常至今令人记忆犹新。这说明，厄尔尼诺的行为可能正在发生变化，同时也说明厄尔尼诺现象可能存在着比 3～7 年准周期更长的低频变化趋势。

对近 20 多年厄尔尼诺增频、增强现象的原因还在研究之中。有一种意见认为，它可能和全球增暖有关，并可能由人为引起的全球变暖造成。但是，热带珊瑚礁岩芯研究表明，在过去的几百年到上千年，也发生过厄尔尼诺频率谱或周期的变化，并且存在着不同的谱带或周期。古气候证据也不能证明 20 世纪 90 年代的厄尔尼诺是历史上最强的。另一种意见认为，深海海水储存有大量的温室气体 CO_2，由于厄尔尼诺现象阻止了深海海水的上升，因而也就减少了温室气体的排放，起到了延缓全球变暖的作用。因此，在这方面仍有许多工作要做。

一般，厄尔尼诺过去之后，拉尼娜随之而来。20 世纪 80 年代以来，在 1984—1985 年、1988—1989 年、1995—1996 年均出现了拉尼娜现象。1986—1987 年厄尔尼诺之后，1988—1989 年太平洋发生了拉尼娜现象，海水表面温度降低 4℃。拉尼娜对气候的影响与厄尔尼诺大致相反，但影响程度不如厄尔尼诺强。拉尼娜发生时，季风非常强大，使深海冷水上翻，美洲西岸温度降低，南美沿岸降水更加稀少，印度尼西亚、澳大利亚东部、非洲东南部更加多雨，赤道太平洋中东部、阿根廷、赤道非洲、美国东南部等地常常发生干旱，巴西东北部、印度及非洲南部等地容易出现洪涝。

拉尼娜年的秋冬季，我国北方降水偏多，南方降水偏少，青藏高原积雪减少，往往出现冷冬热夏，台风增多。

鉴于厄尔尼诺和拉尼娜对全球气候产生的巨大影响，它们已经成为迄今为止我们所认识的全球气候系统中最强的气候年际变化信号，受到广泛的关注和重视。我国也把它们作为短期气候预测的一项重要依据。

第三节　影响巨灾事件形成与分布的气候因子

天气系统运动状态的改变和气候变化，是气象灾害、洪涝灾害、海洋灾害发生的主要原因，并且可以引发生物灾害和地质灾害。

一、影响中国和亚洲的主要天气系统

大气圈是地球的最外层，它的上限从理论上说应该是地球的引力与离心力相互抵消的界面。这个界面是一个封闭的椭球面，在此界面之外，物质将脱离地球的羁绊，飞入星际。在这个界面以下的大气圈可以分为若干层，最内一层叫对流层，对流层中有一系列天气系统，它们的存在和发展变化，导致了气候变化[7]。

（一）气团

大陆的上空，分布着许许多多的气团。气团是由于大块空气较长时间在性质比较一致的下垫面上，通过辐射、湍流、凝结和大范围垂直运动等物理过程而形成的。一般按照气团形成地区分为冰洋气团、极地气团、热带气团、赤道气团等四种。其中，前三种气团又可分为海洋性气团和大陆性气团。按照气团中的温、湿特征，可分为冷气团和暖气团，进一步又可分为冷干气团和冷湿气团、暖干气团和暖湿气团。

一般来说，冷气团最多的是来源于西伯利亚地区，也有的来自北冰洋，自北向南移动，影响我国。影响我国的暖气团大多来自低纬度的太平洋和印度洋，这种来自热带洋面的暖气团中含有大量的水汽，常称为热带海洋气团或赤道气团。亚洲西南部来自高原和沙漠地区的暖气团也能影响我国，这种气团水汽含量很少，称为热带大陆气团，常带来干热天气。

冷暖气团之间的狭窄过渡区域，称为锋区，也可将过渡区近似地看作一个面，因此一般称为锋面。根据锋面两侧冷暖空气运动的情况，可将锋面分成冷锋、暖锋、静止锋、锢囚锋等。

（二）气旋

气旋是大气中的一种涡旋。它和低气压相关联，在实际工作中也称为低气压。在气旋中一般具有辐合上升运动，常常伴有云雨天气。在北半球，气旋中的风作逆时针方向旋转，在南半球则相反。按气旋生成的地理位置分为温带气旋和热带气旋两种。

锋面气旋活动在冷暖气团接触频繁的温带地区。在东亚，就全年来说，锋面气旋主要产生在两个地区：一个在北面，主要位于45°—55°N之间，以我国黑龙江、吉林与内蒙古自治区的交界地区产生的最多；另一个在南面，位于25°—35°N之间，以我国长江中下游、日本九州的西南海面和日本本州岛的南部海面等三个区域产生的最多。

1. 蒙古气旋

蒙古气旋是蒙古境内发生和发展的锋面低气压系统。一年四季均有出现，以春秋季为最多。蒙古气旋发生在蒙古中部和东部的高原上，约在45°—50°N，100°—115°E之间。蒙古气旋的发生和该区域的地形有关，此区的西部和西北部有阿尔泰山、萨彦岭和杭爱山等山脉，西南方有天山，蒙古中部和东部处于北风坡，有利于气旋的生成。

蒙古气旋的移动路径一般可分为三条（图1-11）：

①向东经内蒙古和黑龙江北部向东北方向移动；

②向东偏南经内蒙古东部，东北平原向东北方向移动，此路径出现最多；

③向东南经华北北部、渤海和朝鲜北部，向日本海方向移动。

蒙古气旋所伴随的天气，以大风和风沙为主，降水很少。发展强盛的蒙古气旋，可以引起

东北、华北大部地区出现偏南大风，这种情况多出现在春季。

蒙古气旋的发生和发展是冬、春季寒潮侵袭东北、华北，甚至江淮等地的主要标志。

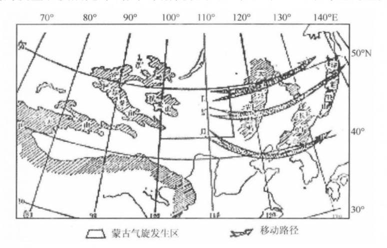


图 1-11 蒙古气旋发生区及移动路径图

2. 东北低压

活动于我国东北地区的低压称为东北低压。它在一年四季均可出现，以春、秋季为最多。东北低压是我国气旋中出现最频繁、发展最强大的一种。当它发展完好时，多伴有大风天气，夏季常带来暴雨。它是东北地区的主要天气系统之一。

东北低压来源可分为三类。一是蒙古气旋移入东北后发展而成的，其发展过程和蒙古气旋一样。它所产生的天气以大风和风沙为主，常常造成东北平原的偏南大风。二是黄河气旋移入该地后发展起来的。这类低压多发生在夏季和秋季初，是造成东北地区降水和暴雨的主要天气系统之一。三是当地产生的低气压。此类低压出现最少，强度也弱，一般很少发展和移动，在夏季常引起雷阵雨天气。

3. 黄河气旋

在黄河流域产生的气旋称为黄河气旋。它对我国华北和东北影响较大。按其生成的地区可分为二类。一是产生于河套北部的气旋。它在全年均可出现，以冬半年较多。由于此气旋中的气流主要来自大陆，一般水汽不充分，故无大量降水，但在夏季发展的气旋中，其中心附近可能出现较大降水和短时雷阵雨和大风等天气。二是产生于黄河下游地区的气旋。当黄河气旋向渤海移动时，往往在渤海和辽东半岛一带出现大风天气。

4. 江淮气旋

江淮气旋是指产生于江淮流域及湘赣地区的气旋，它多发生在高空副热带锋区的下方。其天气以降水为主，常常有大雨或暴雨甚至大暴雨相伴随。

(三)冷高压

冷高压是反气旋中的一种。反气旋与气旋相反，北半球高气压中的风是顺时针方向旋转，

在南半球则相反。它的范围比气旋大得多，例如冬季亚洲大陆高压常常占据整个亚洲面积的3/4，小的直径也可达几百千米。

东亚冷空气侵袭我国的路径有三：西北路径、西方路径及北方路径。西北路径的冷高压起源于新地岛附近，经西西伯利亚、蒙古进入我国；西方路径的高压大部分先自北欧南下，有时在地中海一带以北稍有停留，然后经里海、咸海、巴尔喀什湖进入我国新疆地区；北方路径的冷高压常自喀拉海及泰梅尔半岛经中西伯利亚、沿贝加尔湖南下进入我国。

冷高压进入我国后，大部分向东南方移动。根据冷空气影响的地区又可分为中路、西路及东路。当冷空气从河套地区南下时称为中路，在河套以西称为西路，以东则为东路。

在冷高压中，由于气团干冷，盛行下沉气流，因而天气多半是晴朗少云的。

冬季，势力强大的冷高压在侵入我国时，所经之地风速增大、气温急剧下降，成为寒潮天气。冷高压前缘的冷锋为寒潮冷锋。当寒潮冷锋经过时，气温骤降，风向转为偏北，风速和气压猛增，湿度下降。当寒潮冷锋到达长江以南时，虽然天气变化仍具有上述特征，但由于锋两侧的冷、暖气团中湿度均较大，在地面锋线附近多伴有降水现象，甚至阴雨连绵。当冷高（或变性冷高）东移入海后，往往从海上回流来变性冷空气，其湿度较大，产生云和降水，一般称为回流天气。无论是在北方或长江以南，只要处在冷高压中心区域，天气一般转为寒冷晴朗。此后，随着冷空气变性，天气逐渐回暖。

夏季冷高压比冬春季节冷高压弱得多，有时其前部的冷锋并不明显，风速小，持续时间短。但是，由于此时冷锋前的空气暖而潮湿，具有条件不稳定性质，因此在冷锋抬升作用下常出现对流性天气——冰雹、雷阵雨等。

（四）西风带天气系统

在中纬度地区的对流层中、上层，基本是沿着纬圈方向围绕地球旋转的带状西风，称为中纬度高空西风带。它是大气环流的主要成员。在西风带中风速并不是均匀的，有的地方风速大，有的地方风速小。另外，高空西风带中风向也不是完全和纬圈平行，而是存在着大大小小的各种波动。当这种风带的波动发展强烈时，可使围绕地球的西风带分裂成一个个涡旋，从而引起地面天气的巨大变化。

（五）西太平洋副热带高压

在全球大气中，在北纬和南纬 20°—40°之间的副热带地区，各有一个稳定少动的东西向的高压带，这就是副热带高压带。它的活动对中、低纬度地区的环流形势有很大影响。位于西太平洋地区和我国青藏高原地区的副热带高压，分别称为西太平洋副热带高压和青藏高压。这两个高压对我国夏半年的天气变化起着极为重要的作用。

西太平洋副热带高压有着明显的季节性变化。它的位置在夏季最北，冬季最南。从冬到夏，高压带由南向北移动，从夏到冬则自北向南退回。西太平洋副热带高压这种有规律的季节性变化和我国雨带的季节性变化有着密切的关系。

图 1-12 是西太平洋副热带高压在夏半年各月的位置。从图中可以大致看出其季节的变化情况。一般西太平洋副高的季节变化情况是，5 月份以前高压脊线在 15°N 附近变动，而后随着北半球夏季的来临，逐渐缓慢北移。我国东部沿海为低槽活动区，700 hPa 上的切变线位于长江以南，形成华南雨季，雨带位于福建、广东及浙江、江西和湖南的南部。

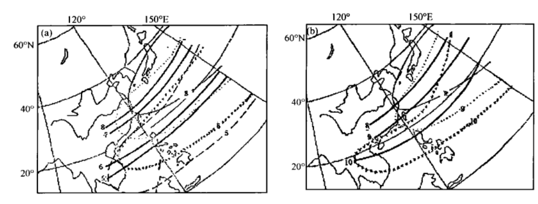


图 1-12　500 hPa 西太平洋副高脊和脊线夏半年各月平均位置

一般 6 月中旬，副高脊线出现第一次“北跳”，从 15°N 附近突然跳到 20°N 以北，且稳定在 20°—25°N 之间。在长江中下游地区，造成所谓“梅雨”天气。

到 7 月上中旬，副高脊线再次“北跳”，达到 25°N 以北，雨带移到黄淮流域。

7 月底到 8 月初副高脊线已越过 28°N，这时华北雨季开始，长江流域进入伏旱期，华南及东南沿海处于副高南侧的东风气流控制下，可受台风及东风波影响。

9 月上旬副高脊线开始南撤到 25°N 附近，但副高中心仍维持在我国大陆上，华南地区恰好位于副高的西北侧，形成华南秋雨天气。

10 月上旬副高再次撤退到 20°N 以南，以后副高对于我国天气影响减小，转入冬季形势。

由上述情况可以看出，我国夏半年的天气和西太平洋副高有密切关系。因此，当副高的季节变动发生异常时，就会导致我国大范围地区的天气异常。

在副高的不同部位，因其结构特点不同，天气也不相同。一般在脊线附近，下沉气流强盛，多为晴朗少云，风力微弱，天气闷热。因此，在副高长时间控制下的地区常可出现干旱，如长江流域 7 月中到 8 月间的伏旱就是这样形成的。在副高的边缘，特别是副高脊的西北侧，正好是冷暖空气相遇的地方，气旋和锋面活动频繁，上升运动强，因此常常有大范围的降水和暴雨。

西太平洋副高，除了季节性变化外，同时还有较短期的变化，即在季节性北进过程中有时出现短时的南退，在南退过程中有时也出现短时的北进。一般北进与西伸相配合，南退与东缩相配合。

在短期内，副高的强度变化具有一定的周期性。根据资料分析，副高完成一次西进或东退过程有着不同的周期，长的可达 20～30 天，短的有 6～8 天。在 20～30 天的周期中，其偏强或偏弱的持续时间约为 10～15 天。在 6～8 天的周期变化中，偏强或偏弱的持续时间约为 3～5 天。

（六）青藏高压

青藏高压是夏季位于我国青藏高原地区的内陆副热带高压，也是北半球副热带高压的重要一环。

青藏高压的结构和一般副热带高压不同。它主要存在于对流层的上部，它是一个暖中心和高度中心基本重合的高压。

在夏季，青藏高压的位置和强度变化与我国东部广大地区的旱涝分布有着直接关系。青

藏高压如果向北移动得早，且偏在我国东部大陆上空，则我国东部地区易出现旱象，而西部地区多雨；相反，如果它向北移动得迟，且稳定在高原上空，则我国东部地区阵雨较多，易涝，而西部地区少雨干旱；当青藏高压东移与西太平洋副高合并时，往往促使长江流域梅雨季节的结束，进入伏旱时期。

（七）南海高压

南海高压是指位于我国南海或中南半岛上空的副热带高压。它是西太平洋副热带高压西侧的较小的高压单体，也具有副高的特点。南海高压和我国华南天气有密切关系。当南海高压位于中南半岛时，华南处于高压前部的西北气流控制下，天气晴好，即使有冷锋南下，锋面雨带也不会在华南停留。当南海高压稳定维持在我国南海时，由于华南处于南海高压北侧的西南气流控制下，北方冷锋南下时会造成大降水，而且冷锋常在华南沿海变为静止锋，造成较长时间的连阴雨天气。

二、地球自转对天气系统运动的影响

大气圈是在地球转动过程中产生的；天气系统是在地球转动过程中形成的；由于地球自转，使气温白天热、夜晚冷；由于地球自转和公转，才出现春夏秋冬四季气候变化。如果地球停止转动，大气环流将停止，显著的气候变化也就不存在了，所以地球运动应该是气候变化最主要的原因。除此之外，地球自转还对影响气候变化的其他因素，起着重要的控制或制约作用。

由于不同纬度上大气受热程度不同，在发生对流时，受地球自转的影响，前面所说的各项天气系统都在发生着运动，构成了一幅复杂的气流运行图[8]。帕尔曼—牛顿大气环流模型是解释对流层中空气移动的较完整的模型（图 1-13）。在赤道地区，由于太阳强烈的加热作用，导致空气上升，并且在对流层的上层向极地扩散。在气团向极地移动的过程中，通过长波辐射而降温，在 20°S—30°N 的位置开始向地面下沉，并在地面形成高压。在空气到达地表后，或者向极地移动，或者返回赤道，并形成一个封闭的环流，术语称为哈得莱环流。受地转偏向力的影响，向赤道移动的空气在赤道两侧形成东风信风带。空气向太阳赤道辐合，这里的上升带称为热带辐合带。在大洋的西岸，热带东风堆积了温暖的海水，引起空气对流，形成很不稳定的低压。这些地区利于发展强烈的涡旋，称为热带气旋。在极地，空气冷却，沿地表向赤道扩散。当冷的极地气团在中纬度地区与相对较温暖的副热带气团相遇时，就会形成一个冷的极锋，并伴有强烈的上升运动和不稳定。在陆上极锋附近，可以产生龙卷风和强烈西风，而强烈的热带风暴产生在极锋附近，特别是水面上。一个强风和风暴带，形成于南北半球纬度 40°附近，位于极锋向极地一侧，为西风带控制。

其他的强风位于大气层的上端，临近对流层顶边缘。其中，比较重要的是在极锋赤道一侧的极地急流。在北半球，极地急流蜿蜒曲折，形成罗斯贝波。在南半球，极地急流环绕 45°—50°S，并在大洋上空得到增强。另外一个主要的急流形成于哈得莱环流极地一侧的下沉空气上端。在北半球，这个副热带急流常在 30°N 附近形成一个连续的气流，最大的风区位于 70°W，40°E 和 150°E。还有一些区域性急流，位于印度季风期间的热带辐合带上端以及南极洲上空的冷空气边缘。

移动性极地高压，在极地地区发展，最初由较高纬度的地表冷却、空气下沉及暖空气平流所定位和维持，当冷空气堆积得足够多时，会突然离开极地，形成一个 1500 m 厚晶体状冷空

气堆。在两个半球，极地高压的暴发常常从西向东移动，以保持涡度守恒。另外，在南半球，移动的路径和速率受南极冰帽形成的下吹风(重力风)暴影响。在北半球，暴发的途径受地形控制；哈得孙湾低地、斯堪的纳维亚和白令海上空是形成移动极地高压的偏寒地区(图 1-14)。

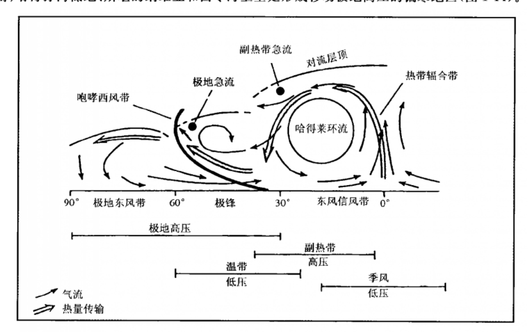


图 1-13　极地与赤道之间大气环流的帕尔曼—牛顿模型示意图

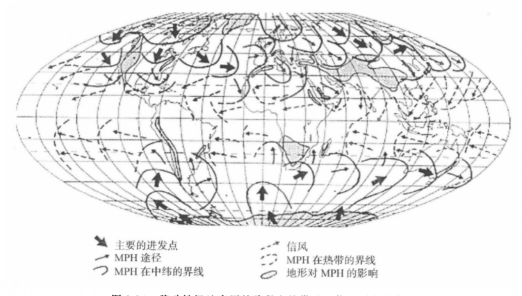


图 1-14　移动性极地高压的路径和热带地区信风环流的产生

(根据 Leroux 1993)

极地冷空气被移动性极地高压驱动移向赤道，与此同时热带产生的显热和潜热也被迫移向极地。这就驱动了全球大气环流，并且满足了赤道和极地之间大气热量交换的需要。因此，对全球大气环流的主要影响是极地高压中心冷空气的暴发，每一次暴发都形成了术语称为移动极地高压的事件。由于地表受热在赤道地区产生的空气上升运动和长波辐射产生强烈冷却在极地地区导致的空气下沉，使移动极地高压成为我国和全球气候变化的关键。其中，起主导作用的是地球自转产生的大气环流。

大气环流的分布和运动受地球自转运动的控制，在赤道至南北纬度 30°之间和南北纬度 65°以上地区，都盛行偏东气流，分别称为低纬度东风带和极地东风带，其中低纬度东风带影响的面积最大。在南北纬度 30°—65°之间盛行西风气流，称为中纬度西风带(图 1-15)。

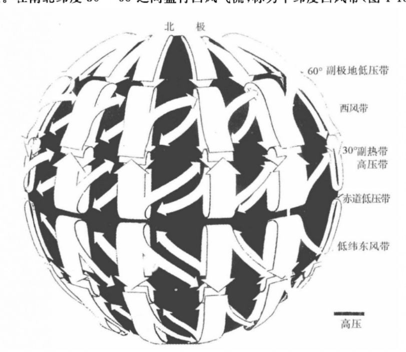


图 1-15　全球大气循环(大规模的大气循环通过对流进行，赤道的暖气流上升，向北或向南移动；而与之对应的冷气流则从两极向赤道流动，每个半球都有三个环流圈带，每个带内的循环都大于带与带之间的循环)

近赤道地区附近，常出现巨大的涡旋气流——台风。台风旋转的方向在赤道以北与在赤道以南恰好相反。盛行风向组成的气旋在北半球作顺时针方向旋转；南半球作逆时针方向旋转。

三、海洋环流运动对气候变化的影响

(一)海洋对气候系统的影响

海洋是气候系统中巨大的能量贮存器。气候系统中热量的最终来源是太阳，但是太阳辐射进入气候系统后，大气对太阳辐射的直接吸收并不多。实际上，大部分辐射被下垫面，尤其是被海洋所吸收。进入地—气系统的太阳辐射能量大气吸收 19%，云和空气散射或反射

26%，其余 51%的太阳辐射到达地面，且大部为海洋吸收。海洋把入射的太阳辐射积累和贮存起来，并不断地释放给大气。

近年来的研究表明，为了维持全球的热量平衡，除了通过大气中的涡旋(如热带气旋、季风系统、温带气旋)等输送热量外，海洋的作用也是巨大的。

海洋是气候的调节器。鉴于海洋巨大的热容和热惯性，以及海洋和大气的密度、相对质量的巨大差异，使得海洋对全球气候起着调节器作用和稳定化的影响，使气候不致产生极端变化。没有这样一类负反馈的作用，全球气候可能变得很不稳定。反过来说，在海洋上产生的微小异常，则可能对气候系统产生很大的影响。

海洋是地球水文循环中巨大的水分调节器。在太阳辐射的影响下，海洋中的水得以蒸发，在一定条件下凝结成云，被气流输送到大陆的上空，在那里降下雨、雹或雪。部分液体水渗入地下，缓慢地通过蓄水层流到河床，或直接流入海洋。留在地面的水，部分蒸发回到大气，部分成为地面径流汇入河流，最终归入大海，从而保持了海洋的水分平衡，这就是水文大循环。所以说，海洋在水循环中既是大气水分的源泉，也是大气水分的归宿。

南北半球 40°以外区域和 10°以内赤道区域的年降水量超过蒸发量，其余 10°—40°区域年降水量少于蒸发量。此外，在北半球平均降水量超过蒸发量，而南半球则相反。为了达到平衡，每年还必须通过赤道从南半球向北半球输送约 1647×10^{13} kg 的水汽。总起来说，与陆地相比，海洋由蒸发失去的水分比由降水获得的水分多，因此海洋在气候系统水分平衡中起着地球主要水源地的作用。

(二)影响气候系统变化的主要海洋现象

中高纬度海洋的影响，主要表现在西北太平洋海温分布出现异常，以及黑潮和亲潮区域海温或环流系统状况出现异常。这是因为，我国东部地区雨带往往是东西走向、南北推移的，这种气候雨带又是与气候极锋联系在一起的。因此，前述海洋现象的影响可能是通过对气候极锋的影响来实现的。在西太平洋，大气锋和海洋锋的位置几乎是重合的。在平均情况下，大气锋和海洋锋是相互适应的，海洋与大气之间趋于一种平衡状态。但当黑潮位置和强度发生变动时，这种平衡关系就要受到破坏，要求大气产生相应的变化去适应，建立新的平衡。由于中纬度海洋上层空间尺度大、时间尺度长，即使年际变化只有季节变化的 20%，也足以影响大气环流的特征，它们的积分效应对短期气候(数月)是重要的。尤其是中纬度大洋西部边界流(如黑潮)，不仅携带了大量的海水，也输送了大量的热能，因此它们往往是海—气相互作用的关键区。

热带海洋的影响主要是与厄尔尼诺现象或厄尔尼诺与赤道太平洋的南方涛动耦合振荡(ENSO)有关。

厄尔尼诺现象是指每隔几年发生一次的太平洋赤道海域大范围异常高水温现象，这种现象经常与大范围异常气候相联系。据统计，近 45 年平均每 3.2 年一次，尤其是 1991—1997 年，7 年中就发生了 4 次，平均 1.75 年发生一次。

反厄尔尼诺(亦称拉尼娜，La Nina)现象与厄尔尼诺现象相反，在太平洋赤道海域发生大范围异常低水温现象，这种现象与厄尔尼诺一样，也对大范围的天气气候产生影响。从 1954 年开始的 45 年内共发生 13 次，比厄尔尼诺发生次数少一半。

(三)海洋对我国气候和洪涝、干旱灾害的影响

我国东南两面临海，面对世界第一大洋——太平洋，同时距世界第三大洋——印度洋亦不远。大量的研究工作表明，海洋对我国气候变化的影响几乎涉及气候的各个领域，包括对气温、降水、大气环流和主要天气系统的影响及其机制等。

大气能量得失的变化是长期天气和气候变化(亦即相当于候、旬、月、季和年的气候变化)的根本原因，天气和气候的异常才导致我国降水和温度的异常。因此，海洋影响的能量得失变化，必须通过内因才能起作用，而这个内因就是大气环流，大气环流异常是气候异常的直接原因。

1. 海洋对副热带高压长期变化的影响

副热带高压简称副高，是影响我国天气气候的主要大气环流系统之一，无论是我国大范围的干旱、雨涝、冷暖，或是区域性的气候都与这个大气活动中心有密切的关系。北太平洋副高是横卧在北太平洋上空，并在大洋上生长发育的重要大气活动中心，海洋对它的形成和发展产生着重要的影响。通过分析副高与东太平洋(即厄尔尼诺发生的区域)海温的关系发现，二者均存在 3.5 年左右的周期，副高变化落后于海温变化 5 个月左右，即当东太平洋海面开始增温 1～2 个季度以后，副高开始增强；反之，在东太平洋海面开始降温 1～2 个季节后，副高也开始变弱。赤道海域海温影响西太平洋副高的机制，可能是通过沃克环流和哈得莱环流的相互作用实现的，即当东太平洋赤道区海面降温时，东西向的温差加大，沃克环流增强，从而使东西向的质量、能量和动量输送加大，与此同时，冷水西传，导致赤道和中纬度海域南北向的温差减少，使哈得莱环流减弱，副高也减弱；反之，当东太平洋赤道区海面增温时，东西向的温差减少，沃克环流减弱，从而使东西向的质量、能量和动量输送减少，与此同时，暖水西传导致赤道和中纬度海域南北向温差加大，基于这两种原因，使哈得莱环流加强，副高也随之加强。总之，海洋是通过对副高的影响而影响我国大陆的天气和气候的。

2. 海洋对西风环流指数和东亚大槽的影响

西风带是影响我国气候的又一重要大气环流系统。研究发现，太平洋海温的分布及其变化对西风环流指数及东亚大槽的强弱、位置等均有影响。总之，大气环流的异常是气候异常的主体，是形成大旱大涝和温度异常的直接原因。而大气环流的异常，就我国而论，主要表现在副热带高压和中高纬西风带环流系统上。大量研究表明，海洋对这两类大气环流系统的作用是明显的。

3. 海洋对台风的影响

台风可以说是完全在海上发生发展起来的重要灾害性天气系统，显然是海洋孕育了台风。海洋条件与台风的发生发展有极其密切的关系。研究表明，我国东南沿海的台风，其移行路径及海水温度分布的形式，与厄尔尼诺现象有密切的关系。最近的研究表明，厄尔尼诺年西北太平洋和南海区域生成的热带风暴和台风的数量比常年少，平均只有 27 个，比多年平均的 29 个少 2 个。同样，在我国登陆的热带风暴和台风个数也较常年偏少，常年 7.3 个，而厄尔尼诺年只有 6.6 个。进入 20 世纪 90 年代，厄尔尼诺现象出现反常情况，即前期连续出现 3 次厄尔尼诺事件，间隔都只有 8～9 个月，而此期间未出现反厄尔尼诺现象。在此期间，热带风暴和台风

生成个数大起大落，5 年中竟有 3 个低谷和 2 个高峰。这比较明确地显示了厄尔尼诺与热带风暴及台风生成个数之间的密切相关特性。1997 年在西北太平洋和南海生成的热带风暴和台风仅为 24 个，登陆我国的只有 4 个，是近 46 年来仅超过 1951 年的第二个最少台风年。

4. 海洋对我国降水及其洪涝和干旱灾害的影响

海洋对我国汛期降水进而对洪涝和干旱灾害的影响是十分明显的，尤其我国东部地区降水受太平洋海温、黑潮和亲潮、厄尔尼诺等现象的影响更甚。

通过对我国逐月降水量的计算，发现 ENSO(厄尔尼诺与南方涛动)事件出现的当年，降水分布是随时间自西北向东南移动的；次年 3 月开始，雨带从西南向东北偏北移动，范围和强度逐渐加大，移动方向发生转折的时间大致在 ENSO 事件发展最强的时候，一般在冬季。偏旱中心也同样有其移动特点。总的降水分布是 ENSO 事件持续的当年 3—7 月降水为北多南少，长江旱；8 月至次年 3 月，南多北少；次年 4 月以后，长江流域多雨，南北少雨。作为热源的热带海洋，对我国的降水异常和旱涝有重要的影响。

总之，我国东临海域属东北信风区，来自太平洋的洋流自东向西至我国大陆边缘转向北，洋流携带的大量热量在鄂霍次克海释放，由那里流出的一股寒流又沿海岸影响到我国。由海洋环流和大气环流相耦合，组成了各式各样的气候模式，所有这些变化势必影响洋流系统动态，并通过复杂的海气互馈系统，影响到我国的气候系统和天气形势。由于海洋是控制大气环流和气候的水分循环中水分的主要来源；海洋具有一巨大的热力惯性，它影响气候的季节变化和其他的瞬时变化；海洋输送热量，并影响气候的分布和变率，因此海洋对气候及其变化可以产生强烈的影响。

许多科学家认为，在全球气候变暖的条件下，如果北大西洋继续因冰川融化融入的淡水淡化，海水密度就会越来越小，不能下沉，可使温暖的墨西哥湾流停止流动，导致美国东北部与西欧的冬季气温下降 5.5℃，从而使气候变冷。如 1300—1850 年的小型冰期就可能是这样形成的。

由此可以认为，在海洋与大陆交汇的地带，应该是巨灾事件发生最多的地带。

第四节　影响巨灾事件形成与分布的其他致灾因子

一、地形地貌对自然灾害的影响

大陆地貌与海洋地貌是影响洋流、热带气旋、降水的重要因素。降水分布时空严重不均是造成我国东部区域洪涝灾害和干旱灾害的根本原因，而这种气候环境的形成演化与新构造运动和青藏高原的隆起密切相关。在时间上，年内降水集中于每年夏季，年际之间丰枯交替，形成多种尺度的周期性变化。在地区上，西北地区干旱少雨，东部尤其是华南和东南沿海地区雨量丰沛。与世界同纬度地区相比，我国 35°N 以北(尤其是西北地区)降水偏少；30°—35°N 地区基本持平；30°N 以南地区显著偏多。

这种降水特征是伴随新生代区域地壳运动和气候环境演化逐步形成的。古近纪时期，全球气候比较温暖，我国和东亚大陆构造活动相对稳定，青藏高原以及周缘山地尚未强烈隆起。在这种情况下，中国大陆广大区域为行星风系控制，气候带基本与纬向带平行分布，各地温差不大，锋面活动不强，气候带稀疏宽广。到新近纪末期，全球气候开始变冷，气候带增多，各带

之间冷暖、干湿变化加大；与此同时，海陆热力差异加强，在全球范围内开始出现原始的古季风环流。在我国，一方面各地区地貌形态出现比较强烈的多元化，另一方面青藏地区在全部成陆后开始向高原发展，大部分地区高程达 2000 m 以上。在这种情况下，一方面使中国大陆气候带开始南移，另一方面已显雏形的青藏高原对夏季风开始产生愈益强劲的阻滞作用，使西北地区开始出现干旱特征，华南地区的热带、亚热带湿润气候得到进一步发展。第四纪以来，全球性降温使中低纬地区的海陆热力差异加剧，形成大范围的东亚季风环流，并因青藏高原的急剧隆起而得到极大的加强。因此，一方面加剧了西北地区的寒冷、干旱，另一方面强化了中国东部，尤其是华南地区的夏季风环流，使这些地区夏季较同纬度更加炎热多雨，洪涝灾害特别严重。从宏观上看，由于东亚季风气候和青藏高原隆起持续发展，所以我国洪涝和干旱灾害日趋频繁而又强烈。

除以上区域性气候特征外，我国降水分布还受局部地形控制，因此导致强烈的地区性分布不均。例如，在燕山南麓、太行山东麓以及伏牛山、大别山地区，雪峰山、罗霄山地区，武夷山地区等，不但年降水量较高，且暴雨频繁而又强烈，因此加剧了地区性洪涝灾害。

地球在不断地运动，地应力在不断地积累和释放，地球的构造形迹和表面形态也在发生不断的变化。全球地貌轮廓(图 1-16)就是过去地壳运动的结果，且迄今这种变化并未终止。全球构造决定了海洋与大陆轮廓；构造形态决定了地形起伏和地貌区划；构造运动决定了地势的变化。据大地测量资料，我国许多地方在上升，另一些地方在下降。大体来说，在秦岭—昆仑山与南岭—喜马拉雅山之间，除四川盆地及川西北外，基本处于上升状态。南岭以南地区与阴山—天山以北地区，除这两条山脉和个别地区上升外，都在下降。阴山—天山与秦岭—昆仑山之间，太行山、吕梁山、祁连山、马鬃山、山东半岛大部地区在上升，其余的平原、盆地地区仍在下降。年平均升降速率一般为 0.5 mm 至数毫米，最大在 10 mm 以上。



图 1-16　全球地貌图(据苗培实等 2010)

地形地貌对洪水灾害、地质灾害分布的控制作用是一目了然的，对天气系统和气象灾害的影响也很大(图 1-17)。

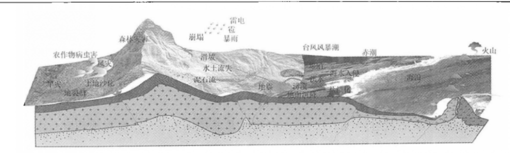


图 1-17 山河湖海分布与主要自然灾害活动示意图

地形对地面天气系统的影响，主要是由于地形屏障作用造成的。当气流逼近山脉时，由于山脉阻挡，可形成反气旋性涡流。当气旋遇到较高的山时，其中心往往出现分裂现象，并且山后的气旋将继续发展，最后成为一个独立的气旋，而山前的气旋逐渐填塞消失。反气旋向山脉或者宽广的高原接近时，在山前会出现减速和加强现象，有时可分裂出新反气旋中心，这种作用山脊愈高愈显著。地形对锋面的影响也很大，由于地形对冷暖气流的影响，所以锋经过山地时，其形状、强度、坡度、移速等都变化。当暖锋移近平行于锋面的山脉时，冷暖空气都可受到山脉的阻挡，强迫抬升，加强上升运动。当暖锋越靠近山时，迎风坡云层增厚，降水强度增大；而在背风坡，空气随山坡下沉，云雨趋于消散。当冷锋遇到平行于锋面的山脉时，锋与山脉之间的暖空气受到排挤而强烈上升，形成垂直发展旺盛的云层，降水量增加；随着锋面沿山坡抬升，冷空气逐渐占据迎风坡，暖空气将沿背风坡下沉，促使云雨趋于消散。

我国小气候分区基本受着地貌格局的控制，其中青藏高原对我国气候的影响最大。由于青藏高原隆起，导致亚洲季风形成，增加了南亚降水；由于侵蚀作用，消耗大气圈中的 CO_2，使气温降低，冰量增加；青藏高原地面加热场强度异常也对中国北方地区沙尘暴有明显影响。近年来，青藏高原地面加热场强度又出现了由强向弱的转变，导致中国北方沙尘暴的增加。

二、陆地下垫面性质对气候变化的影响

（一）下垫面植被破坏

森林毁坏、草原退化等使地表裸露，引起地表反射率增加 10%～20%。早在 20 世纪 70 年代，著名气象学家查尼（Charney）就提出"生物—气象反馈"的自诱导效应理论。根据其模式计算，沙漠化地带在夏季高反射率下，其下沉运动强度是同一纬度平均的哈特莱环流下沉运动的 12 倍多，使空气变得干热，土壤蒸发剧增，地下水位下降，地表径流减少，湖泊干涸，导致气候进一步向干旱化、沙漠化发展。距今 6000 年以前，这里还是繁茂的热带雨林，气候温暖而湿润，称之为"绿色的萨哈拉"时代；曾几何时，成为漫无边际的大沙漠，其南部的萨海尔也受沙漠化的严重威胁，干旱化的困扰波及大部非洲。进入 20 世纪后，几乎每隔 10～20 年出现一次严重干旱，如 1909—1919 年、1938—1949 年、1968—1973 年、1983—1984 年等。

如果亚马逊热带雨林被毁，根据模式计算，雨量的减少为 0.5～0.7 mm/天，蒸发和云量亦减少（0.4～0.5 mm/天和 5%～15%），地面层中可用水显著下降，对毁林区本身降水量减少约 200 mm/年。还有计算表明，由于毁坏热带雨林，全球地表平均降温 0.2℃，降水减少 1%。

（二）“绿洲效应”

保护森林和草原的繁茂是改善气候环境的重要措施。我国西北干旱地区一些绿洲的“冷岛效应”就是极好范例。绿洲范围足够大，其效应可影响局部气候。类似效应在湖泊、水库、大范围灌溉农田亦存在。

全世界现有灌溉面积约为200万km^2，占地球总面积的0.4%。灌溉使地球反射率减少近0.03%，对局地的影响则更显著。

（三）城市化发展

城市对气候的影响，主要表现在“热岛效应”。城市特殊的下垫面，减少了地表反射率和蒸发量；地表粗糙度的加大，人工热源的排放、污染加剧等，改变了局地环流和热量收支。大城市平均温度高于郊区1～2℃，夜间风小时温差可达6～8℃。根据对天津城市的研究，历年市区比郊区平均温度高1～2℃，冬季最强、夏季最弱。城市使降水平均增加5%～10%。气候对城市化的敏感性程度，视城市规模、性质以及地理环境而异。一般而言是局地性的，目前还不足以影响全球性气候变化。值得注意的是，随着人口稠密地区城市化的发展，某些城市的气候特征会扩展到几百千米外的广大地区。在西欧、日本、美国的一些地区已出现这种现象。

第二章　影响巨灾事件活动时间的致灾因子解析

巨灾事件形成的首要条件是发生巨大的灾变，其原因除了构造运动、岩浆活动、海水进退、气候变迁外，还有地球的运动、太阳的活动以及其他天体活动的影响。由于它们的活动往往具有多种尺度的周期性或准周期性，便使得自然灾害也常常呈现周期性或准周期性活动的特点。古生代以来，重要的造山运动有加里东期、海西期、印支期、燕山期、喜马拉雅期，每一期又可分为若干幕。伴随着每一次造山运动，都周期性地出现了岩浆活动、构造活动、板块运动、海水进退、气候变化、生物演化等，且有着明显的同步性。近 2000 年的地象研究也反映出，地震、火山、气温、海啸和洪水具有同步变化之特征。进一步工作发现，地球水圈中海水进退是周期性的，洋流有周期性的加强与减弱，海水的 pH 值也有周期性变化；在大气圈中，气候的变化是周期性的；在生物圈中，生物的发展有周期性；在地球物理场中也有周期性的变化……综合研究得知，所有这些变化主要是由地球运动、太阳活动、地壳运动等周期性或准周期性运动和变化引起的。因此，地球运动、太阳活动、地壳运动等成为巨灾事件活动时间的主要影响因子。

第一节　地球自转速度变化对自然灾害活动的影响

地球是在天体物质旋转运动中产生的，地球各个圈层是在地球旋转过程中分异、发展的，自然灾变系统也是在地球旋转运动中由各圈层物质运动的变异造成的。当然，其他还有多种自然与社会因素对灾害的形成、发展规模都有一定的影响，但对于自然灾变总体的形成，看来只有地球自转是控制性主因。

地球的自转角速度不是永恒不变的。地球自转运动中，不仅自转速度在不断变化，而且旋轴的方位也有所变动，从而产生了一些可能推动地壳运动的动力，如离心惯性力、纬向附加力、极移力、带状自转力、离极漂移力、科里奥利力、潮汐力、离心力、向心力与重力等。在这些动力作用下，一方面形成了地壳上各种构造形迹和相关地质现象，另一方面也导致自然灾变的发生。

一、地球自转速度变化与地震活动

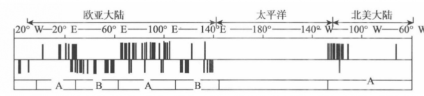
地震活动具有明显的韵律性。贝尼奥夫曾把 20 世纪前 50 年的地震活动分为 5 个时段，指出存在地震活动期和相对平静期。傅征祥以 Abe 的全球浅源大地震目录为基础，采用有序聚类分析方法，将全球分为 10 个区，研究地震活动的分幕现象后发现：

(1)20 世纪以来，全球不同地震活动区(带)内地震的活动是随时间起伏的，存在十至几十年的活动幕和平静幕交替出现的过程，平静幕的平均持续时间为 16.5 年，活动幕的平均持续时间为 16.6 年；

(2)全球某些地震区(带)的地震活动幕和平静幕的交替过程，具有某种程度的一致性，如中国大陆的地震活动幕(9 区)基本上和南美(6 区)的活动幕同步，只是开始和结束稍滞后一

些；20 世纪 30 年代后，中国大陆和欧亚板块与大洋洲板块交界地带（10 区）的地震活动涨落，也显示某种一致性。

地震幕的基本特征之一是 10～20 年的强弱交替韵律。地震活动韵律性的出现与地壳运动有关，傅征祥（1986）研究北半球大陆强震活动和地球自转速度变化的关系（图 2-1）后得出，地中海区域（约 0°—30°E）、阿富汗至中国西部（约 65°—105°E）和北美大陆上的强震，主要发生在地球自转加快的年份内；而其他地段上的强震，则大多在地球自转减慢的年份内发生。同时，地球自转加快年份内发震的地区（图 2-1 中的 A 区）和减慢年份内发震的地区（图 2-1中的 B 区），沿着经向交替出现。



⊥和⊤分别表示地转自转加快和减慢年份发生的地震；A和B分别表示地球自转加快和减慢年份发震的地区

图 2-1　北半球大陆浅源强震（$M_s \geqslant 7.0$）发生地区和地球自转加速变化的关系（1899—1980）

1— 地球自转加快年份发生的地震；2— 地球自转减慢年份发生的地震；

A— 自转加快年份发震的地区；B— 自转减慢年份发震的地区

李启斌、安欧、李忠书、杜品仁、李愿军等都曾论述了地震活动与地球自转变化的关系[9]（图 2-2）。

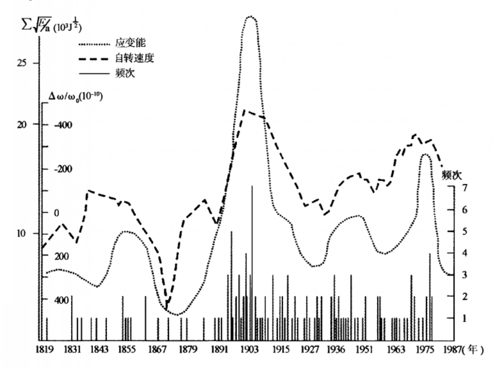


图 2-2　地球自转速度变化与全球 $M_S \geqslant 8$ 级大震综合关系图（据李愿军）

据日长(LOD)增量序列(BIH,1800—1987年)的带通滤波结果,表明LOD年变序列中含有较稳定的准60年、准40年和准30年周期。中国大陆及邻近地区20世纪已经历了4个地震幕,前4幕的活跃幕为1897—1912年、1920—1954年、1946—1957年、1966—1976年,第5个活跃幕已从1985年开始。图2-3显示出中国大陆地震活跃幕与LOD的准40年分量有很好的对应关系。20世纪5个活跃幕均开始于准40年分量的极值年(极大或极小)附近,若活跃幕超前于极值年开始,活跃幕长(第1、2幕);若开始于极值年之后,则活跃幕短。

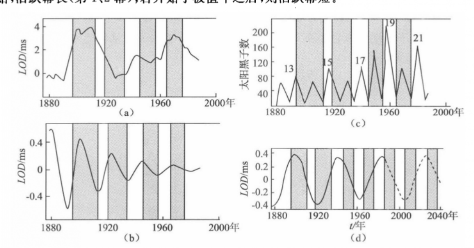


图2-3　(a)LOD序列与地震幕;(b)LOD准20年周期与地震幕;(c)太阳黑子周与地震幕;(d)LOD准40年周期与地震幕

(据赵铭,1990)

分析1900—1991年的日长序列,可得出日长有10年尺度的变化。以日长10年起伏信号(图2-4)峰、谷值为中心前后各取3年,作为峰值时段(地球自转速度慢段)和谷值时段(地球自转速率快段),对中国大陆地震活动与地球自转十年起伏关系的研究表明,天山地震带和南北中轴地震带在日长10年起伏的峰、谷值时段的发震概率明显高于其他时段,并且可以通过$\alpha=0.05$显著性水平的χ^2检验

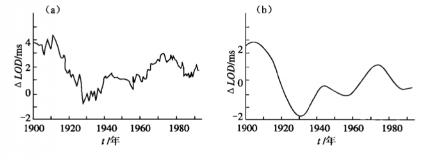


图2-4　1900—1991年期间日长的"10年起伏"

地球自转还有周年变化或季节变化。1303年以来,中国大陆的18次特大地震中有10次是发生在7—9月。这一时段正是地球自转季节变化速率最大的时段,显示了中国大陆特大地震的发生与地球自转季节变化的密切相关。

中国地震活动除了在时间上与地球自转速度变化有密切关系外，地域分布上也有明显的区域性与地带性。一般地球自转加速初期，主要是东西向和南北向地震带活动；加速2年以上和匀速期，主要是北东及北西向地震带活动；减速初期，北半球主要是北北东和北西西向地震带活动；减速2年以上，为北北东、北西西、北东、北西向地震带活动。

早在20世纪50年代，斯托瓦斯就指出，近300年来绝大多数毁灭性地震都发生在地球自转角速度变化时地壳最大切变带（±35°纬度带）上，全球的地震又主要集中在北半球，北半球地震又主要集中在20°—50°N（图2-5）。令人感兴趣的是，其位置大体相当副热带高压的边缘，而在副热带高压出现的位置是平均降水量最少的纬度（图2-6），从纬度分布上也显示了少雨与地震的密切关系。

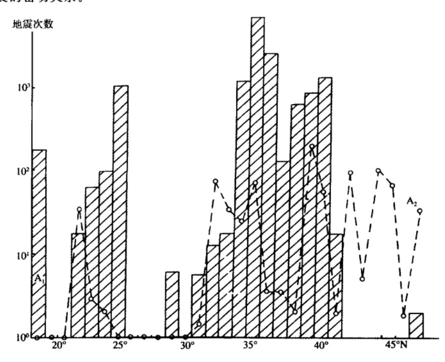


图2-5　中国大陆东部强震（$M_S \geq 6.0$）活动水平（A_1）随纬度的变化（直方图）和西太平洋岛弧—海沟系统强震（$M_S \geq 7.5$）活动水平（A_2）随纬度的变化（点线图）（据傅征祥）

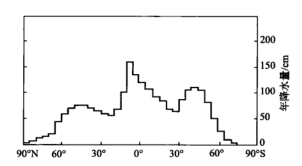


图2-6　全球平均降水的纬度直方图（据 Van Riper 1971 年资料修改）

二、地球自转速度变化与火山活动

火山活动是地壳构造和地球内部变化的反映。在空间上，火山分布主要受断裂构造控制，集中在环太平洋构造带和海岭带上；在时间上，火山活动呈现一定的韵律性。第四纪以来，几乎每一个冰期或亚冰期即将结束时都有火山活动。现在人们已将 15—19 世纪的小冰期气候与火山活动相联系，认为火山爆发喷出的大量灰尘进入大气层，对太阳辐射具有散射和吸收作用，减弱了大气透明度，使太阳到达地球表面的直接辐射和总辐射降低，导致气温下降。1982 年墨西哥的埃尔奇琼火山于 3 月 25 日和 4 月 4 日两次喷发，射入平流层的物质形成含硫量极高的气溶胶，当年降低太阳直接辐射达 25%～30%，全球气温平均下降 0.3～0.5℃。据我国 10 个测站资料，总辐射降低 9.3%。

在地质历史时期，火山活动与气候变冷、海退、造山运动相伴生。强烈的火山喷发还可能破坏臭氧层，产生酸雨，从而对生物构成严重威胁，甚至灭绝。

对近代火山的研究发现，太平洋的台风源地与厄尔尼诺策源地均是火山最多的地区。其原因可能是，火山活动形成的巨大高温、高压水汽团影响了海温与气温、气压的变化，在地球自转动力的作用下，形成了台风与厄尔尼诺现象。

由此看来，火山活动是地球岩石圈、水圈、大气圈、生物圈变化的一个重要因素，因此是全球变化的一个重要内容。据统计，1600 年以来，火山活动的高峰期分别在 1640 年、1660 年、1685 年、1718 年、1740 年、1780 年、1800 年、1820 年、1855 年、1910 年、1930 年、1950 年、1970 年、1990 年前后，似乎存在 11 年、22 年周期，并可能有 90 年与 180 年周期。在地球自转速度由快变慢或由慢变快的时期，常是火山活动强烈时期。

以纬度 36°为界，将 1883—1982 全球发生的 40 例火山分为低纬和高纬两部分，研究其与地球自转速度变化的关系，发现在地球自转速度减慢时段，低纬度火山爆发频繁；在地球自转速度加快时段，高纬度火山相续爆发[10,11]（图 2-7）。尤其是那些强火山更是如此。近百年中低纬度的强火山爆发，包括 1883 年印度尼西亚喀拉喀托火山、1902 年危地马拉圣玛丽亚火山、1963 年印度尼西亚阿贡火山和 1982 年墨西哥埃尔奇琼火山，无例外地都发生在地球自转减速时段；而高纬度的强火山爆发，包括 1907 年堪察加半岛什丘别利亚火山、1912 年阿拉斯加卡特迈火山、1956 年堪察加半岛贝楚米安纳火山和 1980 年美国圣海伦斯火山，均发生在地球自转的加速时段。

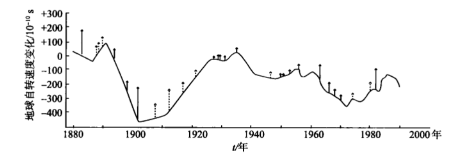


图 2-7　1883—1982 年间火山爆发与地球自转速度变化（据任振球 1993）
实、虚线分别为低纬和高纬地区的火山爆发，其长度为北半球中纬度火山灰尘幕指数的大小

这 40 例火山中，除 1929 年日本的浅间火山位于 36°纬度分界处不加统计外，在共 39 例火

山中,低纬度火山共 23 例,其中 17 例发生在地球自转减速时段,占 73.9%;高纬度火山共 16 例,其中 10 例发生地球自转加速时段,占 62.5%。这一结果表明,地球自转速度变化对不同纬度的火山爆发有相应的调制作用。

三、地球自转速度变化与气温变化

地球气温变化是一个十分复杂的问题,但不少研究结果表明,地球气温变化与地球自转速度的变化有明显的对应关系。1990 年政府间气候变化专门委员会(IPCC)指出,1900 年以来,全球平均气温明显变暖集中表现在两个时期:一是 1920—1940 年,约增温 0.4℃;另一时期是 1975 年以来,又进一步增温约 0.2℃以上。图 2-8 显示,这两个时期恰是地球自转速度由慢变快的时期。我国气温变化与这一特点类似,19 世纪末与 20 世纪初为寒冷期,为地球自转速度较慢时期,而 20 世纪 30—40 年代为温暖期,为地球自转速度较快期。

据统计,我国北方的冷害主要发生于地球自转速度由快变慢的时期,例如,1968—1969 年,地球自转速度变慢,寒潮次数比常年增加一倍;1969 年,东北发生夏季低温灾害,粮食减产 1310 万吨;1969 年,渤海发生罕见大冰封,单层冰厚一般 20～40 cm,最厚达 80 cm,堆积冰厚达 9 m。

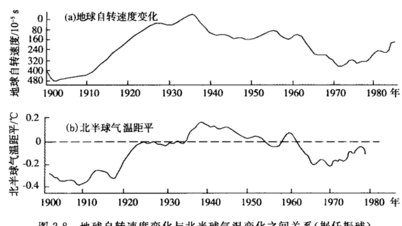


图 2-8 地球自转速度变化与北半球气温变化之间关系(据任振球)

地球自转还有 30 年和 60 年的长期变化。20 世纪以来,北半球气温变化、火山爆发、全球性干旱沙漠化等,均与地球自转这种长期变化有较好关系。在 20 世纪初和 60—70 年代的地球自转趋势性减慢时期,北半球气候变冷,低纬度火山大爆发,从北非—印度—我国西藏、西北东部和华北北部一带发生严重干旱沙漠化。在 20 世纪 40 年代,地球自转还有一个较弱的减慢时段,相应在大气圈、岩石圈也有上述类似变化。

地质历史上出现过几次气候变冷的情况,其主要时期为震旦纪末、泥盆纪初、石炭—二叠纪间、三叠—侏罗纪间、白垩—第三纪间以及第三纪之后至第四纪。引人注目的是,这几个时期恰好是地球自转变慢、地壳运动比较激烈的时期,即相当于元古宙末的地壳运动、加里东运动、海西运动、印支运动、燕山运动和喜马拉雅运动时期,这些时期也是海退时期。

前面已经谈到,地球自转速度最快时,地球气温最高。但是,当地球自转速度加快时,便产生了自两极向赤道的惯性离心力水平分力,促使大气向赤道方向集中,气圈扁度加大,阻挡了对太阳辐射的接收。这时,大气环流比较强盛,极地高压的加强与扩大使极区的寒风向赤道劲

吹，浮冰向极区以外流动，因而阻碍来自赤道的暖流。据计算，仅墨西哥湾暖流流经挪威海的一个分支，如果使 200 m 深的表水层变化 1℃，则可使欧洲 4000 m 高的大气温度变化 10℃。由此可见，暖流受阻势必使地球的大气温度降低。此外，随着地球转速加快，海水向赤道方向集中，加之冰川范围的扩大，都会使海洋面积减小。因为海洋对太阳辐射的反射率仅为 5%～14%，比大陆的反射率低 1 倍，影响对太阳辐射的吸收，使气温降低。

地球自转速度加快，包含着使气温降低的因素，气候由温暖变为寒冷；相反，随着地球自转速度的减慢，可使温暖的空气从赤道吹向两极，暖洋流作用加强，气候又由寒冷转向温暖。地球时快时慢的转动，致使几亿年的气候史呈现温暖时期与寒冷时期交替出现的基本规律。据此，作者 1984 年曾推测①：约在 21 世纪初气候进入寒冷期，同时认为也是地震高潮期。看来预测基本正确。另外，当地球自转速度加快时，潮汐力增大。据此预测 2030 年前后气候可能再次变冷，同时也是地震高潮期。

四、地球自转速度变化与厄尔尼诺现象

发生于太平洋的厄尔尼诺现象对全球气候影响极大，常使太平洋沿岸出现巨大自然灾害。大量的实测资料证实，它的出现与地球自转速度变慢有密切的关系(图 2-9，图 2-10)。

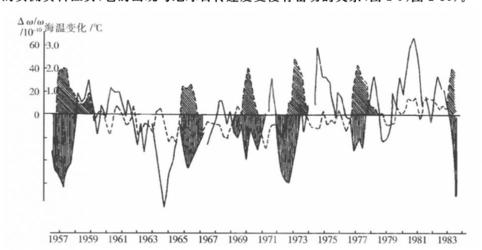


图 2-9　地球自转季节变量(相邻年份中季节 UTI 的差值)与秘鲁—厄瓜多尔海区海温变化曲线
(据张国栋、李致森)
(实线—世界时 UTI 的季节变量；虚线—海温距平的季均值；斜线区—强厄尔尼诺时段；垂线区—地球自转强持续减慢)

关于厄尔尼诺现象的产生可作两种解释。

第一种解释。在地球自转加快时期，由于气候带自两极向赤道推移，两极地区的寒冰冷水向赤道方向运移，使纬圈平均温度的冷槽由高纬度向中纬度扩展，西风带南压，其结果使大气角动量也由高纬度向中纬度区依次升高，从而导致全球大气角动量增加。大气角动量增加使地球自转速度变慢。在假定固体地球、大气、海洋三者总角动量守恒条件下，它们之间的关系是

① 高庆华．气候在变暖吗——浅谈地球自转速度对气候的影响．地质报，1984 年 10 月 22 日

$$\Delta\omega_E = -3.568 \times 10^{-4}\Delta\omega_O - 1.757 \times 10^6\Delta\omega_A$$

式中，ω_E，ω_O，ω_A 分别为固体地球、海洋和大气的平均角速度。将厄尔尼诺年的地球自转平均减慢量代入上式，计算各纬圈海水、大气由自转减慢引起的相对速度，得出可使赤道南北纬10°以内地区的海水和大气分别获得 0.5 cm/s 和 1 m/s 的向东相对速度，从而使赤道洋流或赤道信风减弱，引起赤道太平洋东部冷水区涌升流的减弱，造成这一海域的海温首先增暖，形成厄尔尼诺现象。

第二种解释。据统计，70%以上的强厄尔尼诺年都为火山活跃年。这可能是由于在地球自转最慢的时候，赤道地区最膨大，经向张裂带发育，火山活动最强烈。由于火山的影响，使海洋深部水温骤增，对流加强；由于海洋温度上升，必然使气压下降，大气上升，加之由于地球自转减慢引起的纬向切向力的变化，便影响了大气环流的正常形势，使增温区以西的南亚、东南亚、印度尼西亚和非洲地区的季风降雨减少，发生干旱；而增温区以东的秘鲁雨量激增，发生洪涝。我国则常出现雨量偏少，东北夏季低温冷害增多，渤海海冰严重的现象。

观测资料已经证实，厄尔尼诺现象的出现与地球自转速度变慢有关。图 2-10 还显示，厄尔尼诺现象出现在海水表面温度高的时期。

对气候变化有巨大影响的拉尼娜形象，则出现在地球自转速度加快时期。

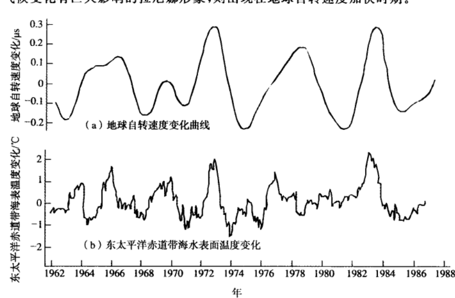


图 2-10　地球自转速度变化和东太平洋赤道带海水表面温度的变化(据郑大伟)

刘厚赞等[12]的研究认为，当地球自转减慢时，不仅赤道火山活动与厄尔尼诺增强，而且也是台风形成与增多的一个重要原因。由于火山活动与海水温度增高，易使气温升高，气压下降，形成热力涡旋，因此西太平洋也是台风最多的地区。由此看来，厄尔尼诺现象的产生和影响，已涉及地球大气圈、水圈、岩石圈的变化和整体运动。

五、地球自转速度变化与海平面变化

1926 年以来，李四光及其追随者进行了大量的工作，研究地球自转与海水进退的关系。根据近代对地球自转速度变化与海平面变化的高精度测量数据对比，可以确认两者是有密切的相

关关系的。将赤道太平洋和高纬度太平洋的海平面年际变化分别与日长年际变化相比较(图 2-11),可以看出在年际变化尺度上,海平面变化与日长变化存在明显的相关性。在地球自转加速时,赤道太平洋平均海平面上升,高纬带海平面下降;当地球自转减速时,赤道带海平面下降,高纬带海平面上升。也就是说,地球自转速度的变化可能以某种物理机制影响着海水的纬向分布变化。

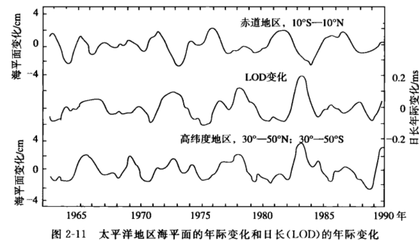


图 2-11　太平洋地区海平面的年际变化和日长(LOD)的年际变化
(据郑大伟等 1996)

图 2-12 为澳大利亚悉尼与我国秦皇岛海平面变化曲线图,可以看出这两个分处南北纬度大体对称的地区,海平面变化曲线是基本一致的。它们共同反映了中纬度区当地球自转速度变慢或变快时,海平面都可以出现上升变化,但以减慢时上升幅度最大。最近南极海平面上升,有人认为是天气变暖引起,但是也可能是地球自转速度变慢造成的。

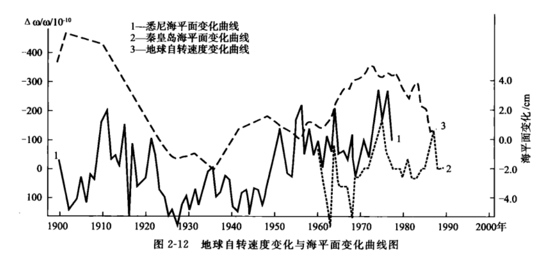


图 2-12　地球自转速度变化与海平面变化曲线图

六、地球自转速度变化与西太平洋副热带高压位置变化的关系

许多气象专家认为,我国旱涝灾害的发生和主要降水带的位置变化是由西太平洋副热带高压的强弱和位置所决定的。经研究,西太平洋副热带高压位置的变化似乎也与地球自转速度的变化相关。

1. 地球自转速度的变化

1951 年以来，地球自转速度开始加快，至 1961 年以后减慢，1973 年左右最慢，1973—1987 年加快，1987 年之后复又减慢，约有 30 年的周期变化。从更长的时间来看，地球自转速度最快的时期为 1870 年，1930 年，1986 年，存在 60 年的周期。此外，还有 30 年周期和 6～7 年周期的变化。1973 年以来地球自转处在变快的趋势中，1976 年，1982 年，1988 年更快；1978 年，1984 年，1990 年较慢。

2. 500 hPa 年平均副高西脊点位置(经度)的变化

按年平均数作图(图 2-13)可以看出，副高西脊点位置随时间而变化有如下规律：1951 年以来位置西移；至 1961 年以后转向东移；1973 年以后又向西移；1987 年以后又向东移。曲线形态与地球自转速度变化形态十分相似，反映地球自转速度变慢时副高西脊点的平均位置向东移动。

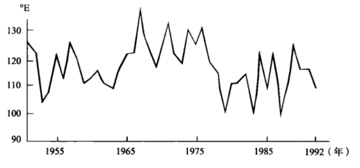


图 2-13　500 hPa 年平均副高西脊点位置(经度)

3. 500 hPa 年平均副高西脊点位置(纬度)的变化

用同样方法作出图 2-14，大体可以看出：1951 年以来其位置向南迁移；经过波动后，1965 年以后向北迁移；1973 年之后又向南迁移；经过波动，1987 年之后又向北迁移。对比地球自转速度变化图不难看出，当地球自转速度由快变慢时，副高西脊点位置向北迁移；当地球自转速度由慢变快时，副高西脊点位置由北向南迁移。

综合而言，当地球自转速度变快时，副高西脊点的位置从东、北向西、南迁移；当地球自转速度变慢时，副高西脊点位置从西、南向东、北迁移。1987 年后至今，副高西脊点总的趋势是向东、北迁移，当然中间也有小尺度的波动。

当副高西脊点位置向北、东移动时，我国北方雨量增多，易发生洪涝；副高西脊点位置向南、西移动时，我国北方雨量减少，易发生干旱。南方情况基本相反。当地球自转速度由快到慢或由慢到快发生变化时，副高西脊点位置变化速率减小，易发生洪涝与干旱灾害。

需要说明，地球自转速度变化不是发动地壳运动形成灾变的惟一因素。地球自转过程中的其他动力，地球各圈层运动变化的差异性，地热与重力的影响，以及日、月和其他天体的影响，都对地壳运动和灾变的形成有着一定的影响。

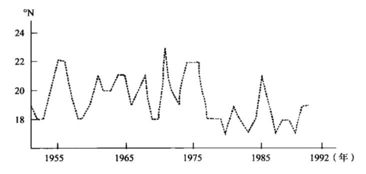


图 2-14　500 hPa 年平均副高西脊点位置（纬度）

第二节　天体活动

地球是宇宙体系中的一个成员，地壳的运动要受宇宙体系运动规律的支配，也要受到其他天体如恒星、彗星、新星、陨星、行星、月球、太阳等活动的影响，其中对地球的运动和变化影响最大的是太阳和月球。太阳是推动地球运动变化与形成巨灾事件的主要能源。

一、太阳活动的致灾作用

太阳作为地球能量源泉的供给者，其变化不仅直接反映在多种灾害的发展变化周期中，也影响了地球各部分的和地球整体的运动和变化。

太阳除了自转和热核反应外，另一种显著的活动是太阳黑子活动．黑子群的直径大约1000～20000 km，每一次黑子活动都强烈地影响地球的磁场和气候。黑子的活动是周期性的，早在 1844 年 Schwabe 就发现黑子的活动周期为 10 年。1848 年沃尔夫（J. R. Wolf）发现黑子活动周期为 11 年。1908 年黑尔（G. E. Hale）发现黑子有 22 年磁性周期。20 世纪 80 年代加利福尼亚州黑尔天文台的罗伯特·霍德华博士发现太阳黑子总是在一对分别由南北两极向赤道移动的东西向气流组的边缘爆发，每隔 11 年，太阳的两极上就会出现一组新的热气流，每组气流都由一快一慢紧紧相随的两个气流组成，每组热气流运行至赤道的一半路程时约需 11 年。可见，黑子的活动一方面与太阳的内部变化有关，另一方面，太阳的自转、纬向和经向的运动及影响太阳自转的行星起潮力，显然对黑子活动的规律也起着一定的控制作用。

中国气象局根据 1470 年以来全国旱涝型指数每 50 年时间序列（即 5 个 10 年平均值的滑动平均曲线，图 2-15 中的实线），选出若干个显著周期并进行叠加（图 2-15 中的虚线），得出在未来几十年期间，全国旱涝型总指数的变化将由高指数向低指数过渡，大约在 2010—2030 年期间将出现一个以 1 型（全国多雨型）、2 型（长江流域多雨型）和 4 型（长江流域少雨型）占明显优势的较为湿润时期，2040 年以后旱涝型指数将再次转向高指数，以少雨干旱为主。

关于太阳活动影响气候的物理机制是一个待解决的问题，存在多种意见。根据赵海燕等的综述，大多数人支持太阳活动—太阳辐射—气候变化这一思路，即太阳活动首先引起太阳辐射流量的变化，使地球接收到的能量发生变化，进而影响到全球气候，这中间还涉及云对太阳辐射的吸收作用以及大气环流的变化。

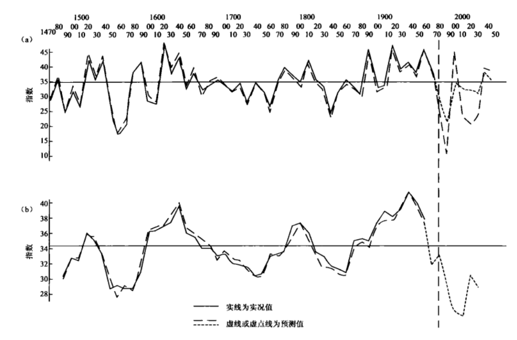


图 2-15　全国旱涝型指数演变曲线图

(a)10 年指数总和变化;(b)50 年指数总和滑动平均变化

除了由于太阳辐射流量变化对地球的影响外,太阳活动还通过媒介对地球间接起作用。有人提出,太阳活动可以通过影响宇宙高能粒子流量的变化来影响大气的化学成分,进而影响大气对太阳辐射的吸收,最终影响气候。还有一种假设认为,太阳活动可以影响地球自转的变化,而地球自转变化可以通过大气角动量的变化影响全球气候变化。

据卫星观测资料表明,在一个太阳黑子周期的相位内,太阳总辐射量的变化水平约为0.1%,当太阳黑子活动处于极大值时,太阳总辐射量也最大,反之亦然。这些辐射变化中,在地球对流层顶部被吸收掉的紫外线和短波长的太阳辐射约占 20%,其余 80%是对气候变化有重要意义的不同波长的辐射,其绝大部分在对流层下部被吸收,加热陆地和海洋,给植物光合作用提供能量,从而驱动气候变化。观测还表明,在一个太阳黑子周期内,虽然太阳总辐射量变化很小,但是太阳紫外辐射的变化可以达到和超过 10%。太阳紫外辐射的显著变化将影响地表植物的生长机能和产量,从而影响全球 C 循环和大气中 CO_2 的含量,最终将可能对全球气温产生影响。此外,还发现太阳黑子活动有 90 年、180 年、400 年长周期,及 8.1 年、5.5 年等周期。

许多科学家注意到太阳活动还存在 80～90 年、400～430 年、1700～2000 年等不同尺度的变化周期。可以预料,这些都将对地球自转速度的变化和自然灾害的非稳性发展产生一定的影响。

太阳还有耀斑、日冕、太阳风等多种变化。除了太阳的活动以外,月球的运动与月地关系的变化、行星的影响,乃至太阳系在银河系中的位置变化等天文因素,都可能对地球及其圈层物质的运动和变化产生一定的影响,使地球及其部分出现变异,发生灾害。因此,研究太阳及其他天体变化与运行的规律,显然是进行灾害综合预报的一条重要途径。

(一)太阳活动的 11 年周期及其影响

在太阳多种变化周期中,太阳黑子的 11 年周期性变化最为重要。地震、地质、洪水、干旱、

台风、海冰(图 2-16)、生物病虫害等多种自然灾害,甚至海平面与气候、人类的疾病都存在 11 年左右的周期性变化,且与黑子的峰值或谷值期保持某种关系,这雄辩地说明了黑子活动是重要的灾因。1908 年海尔发现黑子有平均 22 年的磁性周期,对气候变化与地震活动都有明显的影响,一般大震多发生在偶数周期黑子活动最小年前后 2～3 年内。近 2000 年来太阳有过一次罕见的黑子低弱时期,出现在 1645—1715 年,称蒙德尔极小期。这是华北大震最多的时期,也是气候最冷,旱、涝、疫等灾害频发的时期。

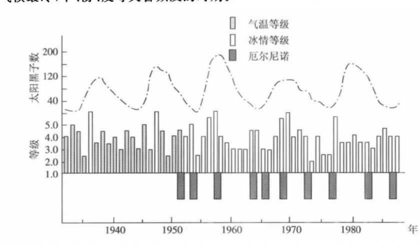


图 2-16　太阳黑子相对数曲线与渤海冰情等级和厄尔尼诺(据张启文、邓树奇)

南宋以来太湖流域旱涝等级序列周期分析显示出,旱涝变化经历了 75 个准 11 年周期(图 2-17)。

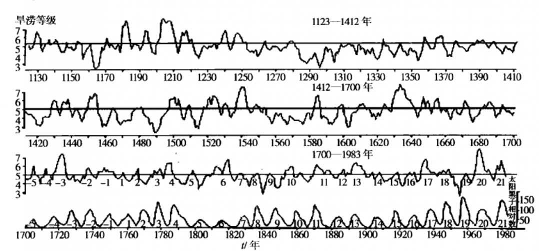


图 2-17　太湖流域旱涝变化与太阳活动的关系

(据陈家其 1989)

这类分析还发现,太阳黑子数的 11 年周期活动对中国夏季温度有明显影响。温度在 11 年周期中有双波振动,波峰在 11 年周期的极值年之间,波谷在 11 年周期的极值年附近。渤海的冰情变化与太阳黑子 11 年周期一致,在太阳黑子极大年附近,冰情一般较重,在太阳黑子极

小年附近，冰情一般较轻。1950—1990年的40年间，10个厄尔尼诺年中有5个发生在太阳黑子活动相对高值期(年平均黑子数≥66)，有5个发生在太阳黑子活动相对低值期(年平均黑子数≤28)；而在这40年中，中国江苏省发生的10次酷热天气过程中有9次发生在太阳黑子数年平均<94的年份。1889—1985年长江中下游地区大面积旱涝年存在22年和11年的重现周期，当太阳黑子数年变率>0时，旱频值高于涝频值，当年变率<0时，则涝频值高于旱频值。

根据大量资料统计，地震活动、海冰、海平面升降、气候变化、乃至生物活动都有11年准周期性变化。许多统计与研究说明，约有2/3的地震与黑子相对数极值年有关，如1966年邢台地震、1976年唐山地震都发生在太阳黑子活动的谷值期。徐道一、高建国等研究了新疆西南部喀什—乌恰一带的地震在时间上的分布和迁移规律，得出了两点重要的结论：一是强震主要发生在太阳活动的谷值年，有11年左右的周期；二是当太阳活动由峰年到谷年时，地震西(南)迁，而由谷年转向峰年时，地震东(北)迁。与太阳活动有关的地震带南北迁移现象也见于南天山(图2-18)。

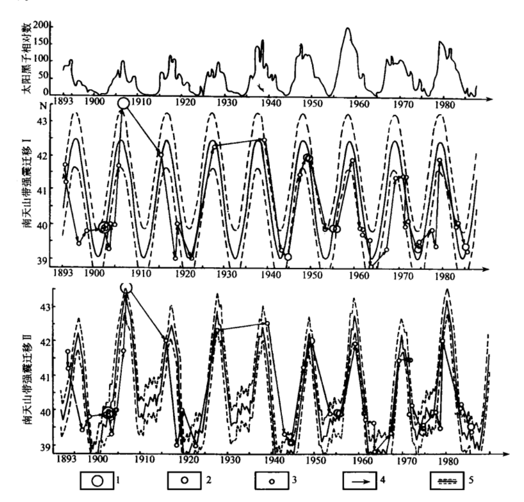


图 2-18　南天山地震带强震纬度迁移和太阳黑子相对数的关系(据高建国)

(二)太阳活动的 22 年周期及其影响

图 2-19 反映了云南地震也有 22 年的周期变化，且强震主要集中于太阳活动的偶数周的下降段。

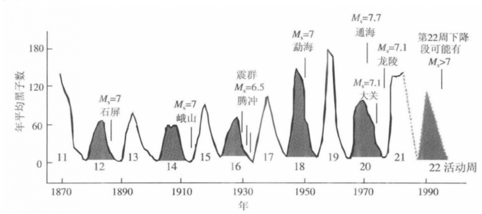


图 2-19　太阳活动偶数周下降段与云南强震

(据赵洪声)

(三)太阳活动的世纪周期和超长周期及其影响

据研究，在 20 世纪太阳活动世纪周峰前谷值年代，即 1900—1909 年，中国及邻近地区发生 $M_s \geqslant 8$ 地震 6 次；在 20 世纪周峰值年代，即 1950—1959 年内，中国及邻区发生 $M_s \geqslant 8$ 地震 3 次。可见，太阳世纪周峰、谷期，地震都较多，特别是谷值期更为集中[14]。

从近 500 年的地震资料来看(图 2-20)，中国两次 8 级大震群发期(17 世纪下半叶与 20 世

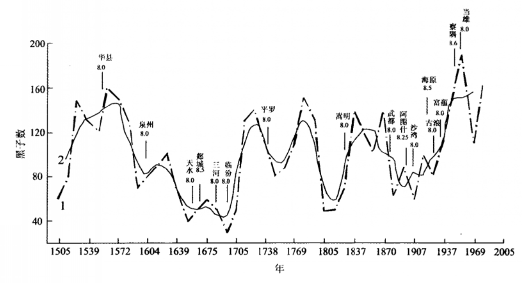


图 2-20　中国 8 级大震频发于太阳活动长期低值的情况(据赵洪生)

(1—1505 年以来太阳活动峰年黑子数；2—曲线 1 的三点滑动平均)

纪初叶)正好位于太阳活动的两次持续极小期内。这两个时期及1460—1550年极小期都是地球的冷期,也是地球自转速度慢的时期。可见,太阳活动与地球自转速度呈现正相关的关系。

Reid[13]在研究11年太阳活动周期包络线的变化时,发现其中所包含的80～90年的周期与全球海平面温度在过去120年的走势相类似(图2-21)。1991年,Christensen和Lassen首次提出可以用太阳黑子周期长度的变化来表征太阳活动,他们通过比较北半球陆地气温变化与太阳黑子周期长度之间的关系发现,两者之间存在相当一致的变化(图2-22)。

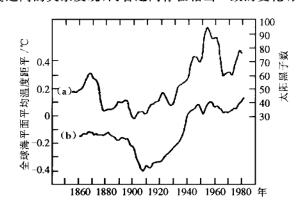


图2-21 太阳黑子数的11年滑动平均(a)与全球海平面平均温度距平(SST)(b)[12]

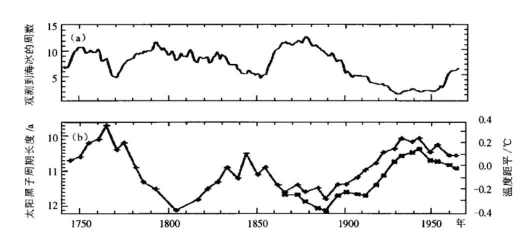


图2-22 1740—1970年冰岛附近海冰数量(观测到海冰的周数)的22年滑动平均值(a);1740—1970年平滑过的太阳黑子周期长度(左端标尺)及北半球平均温度距平(右端标尺)(b)[13]

二、影响地球运动和灾变活动的其他天文因素

据研究,影响地球运动和灾变活动的因素除了太阳活动外,还有太阳系绕银河系中心转动、太阳系在银道面的上下波动、地球公转参数的变化、行星的影响、潮汐作用等。以上各类外因条件的变化,都势必影响地球自转速度的变化;而地球自转速度的变化,又必然使地球的地核、地幔、岩石圈、水圈、大气圈、生物圈的物质和能量发生变化,从而导致自然灾变的发生。其中,与灾变发生关系较大的是日、月引潮力的作用和地球的公转。

(一)日、月引潮力的作用对灾害活动的影响

潮汐现象是由太阳和月球的引力作用产生的,包括海潮、固体潮、大气潮和磁潮。在朔、望日,月球引潮力与太阳引潮力几乎作用于同一方向时出现大潮;上下弦时,三个天体呈直角,太阳最大程度削弱了月亮潮,因而出现小潮。我国 1696 年 6 月 29 日长江口风暴潮、1862 年 7 月 27 日珠江口风暴潮都造成 10 万人丧生,皆发生在天文大潮期。据统计,地震多发生在朔、望、弦时,显示了因潮汐力变化产生的月效应。进一步研究发现,当月球位于近地点和远地点附近时,朔望时地震频次特别高;当月球位于近地点与远地点中间段,上下弦时地震频次特别高。根据 D. Sadeh 和 K. Wood 对美国和中美洲大量地震记录的分析,发现地震峰值有 13.65 天的周期。

除了日、月潮汐外,其他星球特别是行星的吸引,也产生一定的潮汐力。

(二)地球的公转对自然灾变的影响

地球围绕太阳旋转的运动称为公转。公转的轨道近似一椭圆形,太阳位于一个焦点上。每年 1 月 3 日前后地球离太阳最近,日地距为 1.471 亿千米,此点称近日点。每年 7 月 4 日前后地球离太阳最远,日地距为 1.521 亿千米,此点称远日点。在近日点附近,地球接收太阳辐射能量最多,在远日点最少,两者相差 1/15。在近日点,太阳对地球的引潮力最大,在远日点最小。这种差异除了影响地球上气候、海洋潮汐、固体潮的变化以及发生气象灾害、地震灾害外,也影响到地球的自转速度变化。

地球公转的椭圆形轨道的偏心率,在 0.00～0.06 之间变动(现在大约是 0.016)。偏心率的变化影响地球接收太阳的总热量和对南北两半球的辐射量。偏心率愈大,南北两半球的冷热差异越大。偏心率变动的周期是 96600 年,它是影响地球气候周期变化的重要因素。

地球绕日公转的面称为黄道面。黄道面与赤道面的交角在不断变化,黄赤交角变化的最大值为 2°,变化周期为 15000 年。黄赤交角的变化影响着四季的气候变化,当交角大时,极区冰盖增大,气候带向赤道移动。

第三节　人为致灾作用

一、温室效应与全球变暖

太阳活动对地球温度变化的控制作用是重要的,但是也不能忽略人为因素的影响。最近 10 年来,人们对 20 世纪气候变化的人为因素和自然因素的相对贡献作了大量的统计和模拟研究,Lean 等计算出 1610—1800 年太阳辐射变化与北半球地面气温之间的相关系数高达 0.86,说明太阳活动是影响 10 年以上尺度气温变化的基本因素。但是由于森林过度开发、植被破坏和 CO_2 大量排放,1850—1987 年总计向大气排放了 2000 亿吨碳,大气中 CO_2 的浓度从 280 ppm 上升到 350 ppm,并还在快速增长,导致 20 世纪中期以后气温异常增高(见图 2-23),人为致灾因素在增长。

在人为致灾因素中,温室效应引起的全球变暖的致灾作用最大。

地球表层的大气圈、水圈、岩石圈和生物圈的整体及其相互耦合构成了气候系统(图 2-24)。

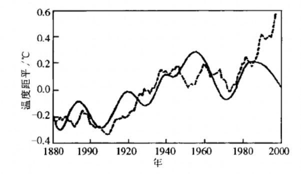


图 2-23　1880 年以来温度拟合曲线(实线)与北半球温度变化曲线(虚线)之间的比较[24]

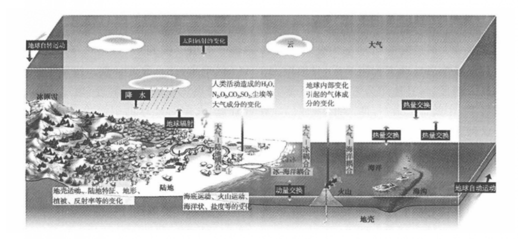


图 2-24　气候系统变化示意图

气候系统一方面吸收太阳辐射,另一方面向外层空间放出长波辐射。从长时间来看,二者之间保持着平衡。倘若这种平衡状态被某种因素所破坏,就会发生气候异常,导致多种自然灾害发生。

能引起气候系统平衡状态发生变化的因素很多,有系统外部的,如太阳常数和地球轨道参数的变化等;有系统内部的,如火山活动和冰雪覆盖面积的改变等。除此之外,温室效应导致的全球变暖是一个重要的因素。

20 世纪 80 年代以来,许多科学家热衷于全球变暖的研究,但是迄今无论全球变暖的机制,还是对自然界和人类社会的影响,都还存在严重分歧。综合起来,主要意见如下:

人类活动正在增加大气中温室气体的浓度(图 2-25),并改变着地球大气的固有辐射平衡,使大气温度增高(图 2-26),从而导致区域的和全球的气候变化。王绍武等预测,2013—2022 年中国气温将增加 0.45℃,降水增加 3%;到 2033—2042 年,中国气温将增加 0.75℃,降水减少 5%。但是,对不同地区的影响是不同的,大体来说,我国 35°N 以北升温,长江流域降温。根据 20 世纪的气象记录,气温变化并不是稳定的,其间有时冷、有时暖,有的地区夏季变暖、冬季变冷,有的地区恰恰相反。

IPCC 在 1995 年的评价报告中预测了气候变化对全球温度升高的影响。东亚地区气候变化的总体趋势是变暖变干,其结果势必导致一些极端灾害事件如高温、洪水和干旱的频繁发

生，产生一系列的后果，如森林火灾、瘟疫的暴发，生态环境的破坏等。

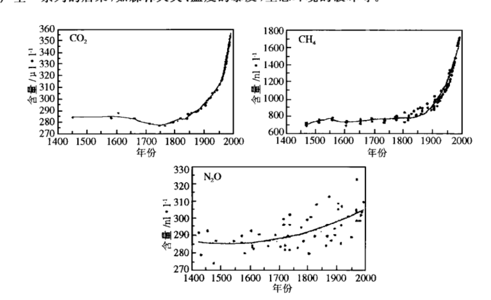


图 2-25　1400—1993 年大气中 CO_2，CH_4 和 N_2O 的历史资料

根据 Boden et al.(1994)，各种来源的冰心资料，用 1950 年后大气中的观测结果作补充，曲线为平均值趋势线

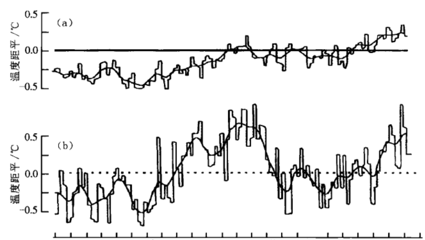


图 2-26　近百余年全球气温变化趋势(王绍武等)

(a)全球；(b)中国

专家们认为，全球气候变暖造成的环境变化，将给人类社会带来巨大影响，有害也有利。其中，不利的影响主要有以下六个方面。

(1)海平面上升。全球变暖必然导致海平面上升，但关于上升的幅度分歧很大。多数学者认为，至 2050 年可能上升 20～60 cm。也不乏极端看法，如日本有专家认为可使“日本列岛沉没”；部分美国与荷兰科学家认为，到 2050 年世界许多大城市如纽约、上海、雅加达、东京、曼谷等将面临海水淹没。

全球变暖引起海平面上升，它的潜在影响已经引起世界各国的科学家、社会团体和政府的广泛关注。联合国环境规划署认为，由于海平面上升造成的土地减少和渔业、农业及水力资源的破坏，每年造成的损失可达3000多亿美元。中国海岸线很长，无疑将受到未来海平面上升的影响，特别是在低洼河口的三角洲，人口稠密，经济发达，更易受海平面上升的影响。根据实测资料，利用首次建立的中国沿海海平面变化及其影响因素综合数据库，对中国不同地段相对海平面的变化趋势进行了预测(表2-1)。

表2-1　中国不同地段海平面上升趋势预测(单位:cm)

地段	2030年	2050年	2100年
辽宁-天津沿海	10.8～12.0	18.5～20.6	56.6～63.2
山东半岛东南部	1.2～0.0	1.7～3.8	27.8～34.4
江苏　广东东部	12.9～14.1	21.4～23.5	61.6～68.1
珠江口附近	5.3～14.2	21.5～23.7	61.7～68.3

中国大陆海岸线长超过18000 km，沿海的河口三角洲和滨海平原面积广阔，高程低于5 m的沿海面积达14.39万km^2，约占全国国土面积的1.5%，是海平面上升影响的脆弱区，其中珠江三角洲、长江三角洲及苏北沿岸、黄河三角洲及蓬莱湾为重点脆弱区。在现有防潮设施下，若未来海平面在历史最高潮位上上升30 cm，三个重点区的可能淹没面积分别为1153 km^2、898 km^2和21010 km^2；若未来海平面上升65 cm，三个区的可能淹没面积分别为13453 km^2，27241 km^2和23100 km^2。中国科学院及广东科学院的专家研究认为，2030年珠江三角洲地区海平面可能上升30 cm，从而加重洪涝、风暴潮等灾害，原建防御100年一遇洪水的堤坝，可能连20年一遇洪水都难以防御，届时将有42%的面积低于海平面，使该地区内涝增大。

(2)全球变暖可能打破天气系统的正常格局造成许多环境灾害问题，但是对不同地区的影响程度是不同的。气候带北移将会引起自然环境的变化，最先是土壤和植被的变化，以及植物品种分布变化和演替。东北多年冻土将北退至52°N以北，西部多年高原岛状冻土将会大部分融化，东南沿海及华中、西北干旱区的湖泊、沼泽、泥炭地将会萎缩，其他地区的沼泽会有所发展。气候变化可能使山区的基带和高原面的自然景观发生变化和迁移，还可能使自然垂直带谱分布的界限发生位移。

(3)气候变暖可能改变了全球气候系统的格局，使气候变化发生异常，导致自然灾害增多。近年出现的气温忽冷忽热，时涝时旱，强台风增多，突发强降雨、雷击、风雹、龙卷风、沙尘暴、风暴潮、生物灾害等，可能都与气候变暖有关。不同地区的影响程度不同，中纬度地区可能夏季少雨、酷热，水资源减少，更加干旱，湖泊水位降低，河道干枯；高纬度地区则可能多雨、渍涝；北美、北欧、西伯利亚气温升高，永久冻土带减少甚至消失。

气候变化还可导致山地自然灾害。尤其是极端天气事件的增加和水土流失及农业生产条件的改变，影响当地的人民生活和经济发展。

(4)全球变暖可能影响大洋输送带的运转，影响海水温度变化，导致海洋生物死亡。

(5)全球变暖使大气污染、疾病的传播范围增加。还有人认为，随着气候变暖，南极冰雪融化，锁闭在南极冻土中的一种神秘病毒有可能加剧对人类的危害。

(6)生态环境严重破坏，生物群落减少，物种灭绝。生态环境变化可能再次导致大气中CO_2增多，影响粮食生产的稳定性和分布格局，造成人口迁移，影响社会安定。

全球变暖对我国的影响有利也有弊。综合各种资料，估计到的影响有：①水资源减少，特别是中纬度地区，估计由气候变暖可能造成 2030 年的缺水量（平年一枯水年）京津唐地区为 1.5 亿～14 亿 m^3、淮河蚌埠以上流域为 1 亿～35 亿 m^3、黄河为 21 亿～130 亿 m^3，东江可能出现的多水量为 12 亿～19 亿 m^3；②农牧业过渡带东移，使农业区面积减少，影响粮食生产；③气温升高将使冬种面积扩大，农作物增产；④中纬度水资源减少，将使北方农业作物减产；⑤农作物布局和结构将发生变化，旱作物面积增多，耐热性作物面积增多；⑥气温升高，霜冻期缩短，种植界限北移，利于复种，但受水资源减少的限制；⑦气候带北移，夏季风可能增强，我国东部地区降水量可能增加，但是西北地区干旱程度将增加；⑧温度升高，人体疾病和农林病虫害可能增多。总之，全球变暖对我国有害也有利，还应该进一步评估。

但是，考虑到世界全局，气候持续变暖的致灾作用是不容忽视的。

然而，温室效应是否是气候变暖的主要原因呢？对此尚存在严重的分歧。有人认为，大气中 CO_2 的增多导致了“温室”变暖加剧，造成浮游生物的增多，这些浮游生物增加了大气中甲硫醚的含量，导致了云量增多，云量增多必然导致降温。在正常的 CO_2 含量和云量下，CO_2 的增温作用只有降温作用的 10%～20%。污染的空气的气溶胶产生的阳伞效应也可以使气温降低。另外，目前数值模型全是给定 50～60 m 厚的海洋混合层，不是完全海洋环流耦合的大气—海洋模式。海洋对 CO_2 的存储作用不容忽视。因此，温室效应导致全球变暖的定论尚为时过早。

作者认为，气温的变化原因是复杂的，仅从大气圈的变化研究气温变化是不够的，除了太阳辐射的影响外，地温的变化、地下放热放气、海洋的吸热放热作用都应该是重要的原因。自古以来的地球气候史就是以冷暖交替发展为特点的，在没有温室气体大量排放之前，地球的气候就发生着多尺度的冷暖周期变化。过去 100 万年间曾发生过一系列重大的冷期与暖期的交替，其中最近的一个冰期气候大约在 2 万年前结束，目前正处于间冰期，现在气候变暖可能是一种自然现象。14—20 世纪虽然温室气体排放量不大，变化曲线平缓，但是其间气温仍然发生着冷暖交替的变化。据竺可桢等研究，近 500 年为第四纪冰后期气候的第四个寒冷期，1400 年以来有 4 次较大的气候变化，其中 1470—1520 年、1620—1720 年、1840—1890 年为冷期，从 1900 年开始气候变暖，其间 1945—1970 年有一短暂的气温降低，之后气温又继续升高。显然，温室气体排放曲线与气候变化曲线是不一致的。所以，1900 年以来的气温升高，可能与温室效应有关，但是也恰巧处于气温升高的自然变化周期，数十年后，当气候周期进入寒冷期时，气温是否仍然随着温室气体的增加而升高，就不得而知了。“温室效应”影响的气温变化应是全球现象，气温实际变化的地区差异性单纯用“温室效应”是难以解释的。因此，固然气候变暖的人为因素应该重视，但是地球大气圈自然变化的规律也是不容忽视的。

20 世纪 40 年代之后，气温曾波动降低，于是在 70 年代一批欧美著名学者聚集美国布朗大学，专门召开了一次“当前的间冰期何时结束和如何结束”的研讨会。学者们举出实例证明，目前的地球气温已经开始下降，从暖到冷的变化很快，可以不足 500 年，如果人类不加以干涉，当前的暖期将会较快结束。70 年代之后，气温又波动上升，于是盛行世界的全球气候变冷说，又一下子代之为全球气候变暖说。这种突然的变化，似乎给了我们某种启示。

目前，关于温室气体使全球变暖的形成机制尚没有统一的结论。根据地壳运动整体观，我们认为气温的升高是多种原因造成的，它与地球自转速度变慢的因与果也是有联系的，在地质历史时期，由于地球自转速度变慢，我国大陆发生海进、降雨带北移、旱灾增多、厄尔尼诺影响

严重……所有这些延续的结果，又将使气温降低。是否如此，当然需要理论研究和时间检验。总之，“温室效应”对地球气温变化的影响是存在的，但也不能过分夸大其作用。无论如何，既然它是导致环境灾害问题的原因之一，就应该采取改善环境和适应环境两种措施，世界性的节能减排举措还是应该支持的，但是也必须增强适应环境变化的能力，更应该摆正自然变化与人类干预的辩证关系。

二、社会经济发展的影响

许多国家主要靠扩大投资和大量消耗资源与牺牲环境实现经济不断增长，如果不完全改变现有增长模式，资源、环境的压力将进一步增加，以致在沿海地区，水资源、土地资源将更趋紧张；内陆地区的进一步开发也将面临水资源、土地资源的限制，将加重资源与环境的破坏程度；海洋事业将以前所未有的速度迅速发展，海洋环境面临的问题也将日益严重。社会经济发展对资源、环境造成的沉重压力，可能导致多种自然灾害活动趋于强烈，而且由于人口和社会财富的进一步增长以及社会经济活动的更加广泛，使自然灾害的危害对象空前增多，因此自然灾害的直接损失和间接损失都将持续增加。

第四节　地壳运动与巨灾事件的形成

一、地壳运动问题的基本认识

地壳运动是个复杂的问题，我们已在另一部著作中详细论述[2]。这部著作认为，地壳运动的起源是地球的旋转运动和内部变化。

地球是在旋转过程中诞生的，在旋转过程中发展的。地球作为一个星球，其基本运动形式是旋转。在旋转过程中地球作为一个球体，不断发生着整体涨缩变化、扁度变化、东西偏心、南北偏心、壳下熔融体流动和重物质下降、轻物质上升、热能释放等运动和变化。这些运动和变化便推动与影响了各个圈层的运动和变化，形成各种地质现象与相关的自然现象。因此，由地球自转产生的向心力和离心力是地球动力系统第一个动力来源。在此作用下：

(1)地球物质发生分异，形成气圈、水圈、岩石圈、软流圈、地幔、地核等地球圈层，这个过程现在仍在继续；

(2)在地球的大气圈和水圈，形成与地球自转运动有关的大气环流和海洋环流；

(3)在地球岩石圈，由地球旋转(包括自转、公转、绕月地系核心旋转、绕银河系中心旋转)产生的动力系统构成了地壳运动的联合动力系统，其中起主导作用的是地球自转，特别是由其产生的纬向力、经向力和向心力，对地壳大陆表层构造系统的产生起着最重要的控制作用，同时也控制了洋底构造系统；

(4)地球自转推动了地球软流圈和地幔熔融体的流动及地幔和地核的相对运动。

越来越多的资料说明，出现在地球大气圈、水圈、岩石圈甚至软流圈与地幔的许多自然现象，不仅具有与地球自转运动方向相关的方向性，而且具有相近的周期性。这显示了地球各圈层运动与地球自转相关的整体性。

地球动力系统的第二个成员是地球内部变化所导致的热能、热动力、化学能、重力变化等。其中，软流圈和地幔熔融体的运动产生的巨大的动能和热能，是推动板块运动并影响陆壳运动

的重要动力来源。

1926年，李四光首次提出较轻的地壳与其下的重圈双层层圈的新观念。1929年，提出“各大陆构成的质料不完全相同，黏结也不尽相同，于是在滑动较大的西边，就不可避免地发生向西突出的弧形山脉”，从而“随着地球旋转加快，亚洲站住了，东非、西欧破裂了，美洲落伍了”的著名科学论断。

已有资料显示，随着地球自转，地幔和软流圈载负着地壳也在相对地核向西运动，并贮存有巨大的能量。地球自转发生的球体形变和产生的构造，为地幔和软流圈熔融体能量的释放创造了条件，譬如地球自转引起的球体扁度变化和东西偏心及南北偏心的突起部分、地球自转造成的张性构造，都导致了地壳以下的软流圈和地幔隆起，熔融体向上流动，从而形成海底扩张、地幔柱、板块运动和其他构造形迹；洋壳构造又推动了陆壳运动。由此可见，大陆构造和洋底构造，都是在壳内熔融体流动或板块推动与地壳表层地球自转惯性力和惯性离心力的双重作用下形成的。

影响地壳运动和全球变化的第三个因素是地球公转和太阳活动，太阳的运动和变化（包括周期20000年的近日点长期变化、周期96600年的偏心率变化、周期15000年的黄赤交角变化、周期11年、22年和更长周期的黑子活动等），不仅直接影响地球气圈、水圈、冰雪圈的运动和变化，而且还是影响地球表层系统变化的主要因素。另外，地球围绕太阳旋转的陀螺运动，也似乎影响到地球南北偏心运动，使地下流体自南极流向北极，因此带动大陆向北运动。这种运动方式和地球自转离心惯性力叠加在一起，使北半球纬向构造带特别发育，南半球经向张裂带特别发育。地球公转的陀螺运动及太阳活动造成的地球各圈层的运动和变化也是地球自转速度的自动调控机制。

总之，地球自转、壳下熔融体活动、地球公转和太阳活动都是地壳运动的主要动力来源。它们不是孤立的，而是相互联系，构成地球统一的动力系统。

在地球动力作用下，随着地球的发展逐步形成了地球气圈、水圈、岩石圈（包括陆壳表层、陆壳下层和洋壳）、软流圈、地幔、地核等圈层。由于各个圈层物质组成和结构构造不同，因此在地球旋转运动过程中各个圈层呈现了不同的表象，如大气环流、海洋环流、各种型式的构造体系、地幔流等。所有这些表象共同的特点是，各个圈层物质运动的大方向都与地球坐标系保持一定的关系，它们反映的运动方向主要是纬向水平运动和经向水平运动，显示了与地球自转运动的关系。

在地球旋转运动和圈层分异过程中，地球整体形状发生着从长球体向扁球体的变化，同时在地球表层产生纬向构造带和星球网格构造。属于星球网格构造的东西、南北、北东、北西向断裂及其追踪断裂，将地壳划分为若干古老的地块（板块）。在地球动力场的作用下，这些地块发生纬向、经向和扭动运动，在许多地块的表层产生了各种型式的构造体系；同时，围绕地块的核心常常按照主要动力作用方向，呈波浪状向外扩展，形成地槽和大陆增生现象，在这个过程中发生岩浆上涌、沉积作用，从而出现各种建造、矿产和其他地质现象及相关自然现象。

可能由于地球公转的陀螺运动的影响，促使地壳表层向北运动，与自两极向赤道的动力共同作用，使北半球纬向挤压带发育，而南半球经向张裂带更发育；与潮汐力结合，使北半球向西扭动的趋势更为明显。

在地球旋转东西偏心和南北偏心运动的作用下，形成南极和西半球（非洲大陆为中心）隆起，北极和东半球（太平洋为中心）凹陷，出现围绕隆起和凹陷的环形构造，同时使地壳表层出

现了大量非对称现象。由于地球的转动，出现了全球性的纬向扭动构造，使地球赤道部分向西扭转。纬向旋转与地球南北偏心运动结合在一起，围绕南极出现一系列以张性海岭为代表的旋转构造和围绕北极出现一系列以挤压构造带为特征的旋转构造。

以上各种构造运动形成的地球的隆起区和地壳断裂带为壳下熔融体活动创造了条件，造成地幔隆起、地幔柱和地幔对流，推动板块运动，形成板块构造体系。

在地球旋转过程中，由地球自转、壳下熔融体运动、地球向北、向西的偏心运动等所产生的动力在地球不同圈层形成不同的表象。陆壳表层形成构造体系，出现地槽、褶皱带等大型构造形迹和大陆增生现象，有些构造深入洋壳对洋壳构造与熔融体活动起了重要的控制作用。

洋壳发生海底扩张形成板块构造体系，有些与大陆碰撞甚至插入大陆之下。不仅洋壳运动作为动力条件在陆壳直接形成构造形迹，而且洋壳板块作为边界条件控制与影响了陆壳应力场的变化，形成极为复杂的构造体系(图 2-27)。

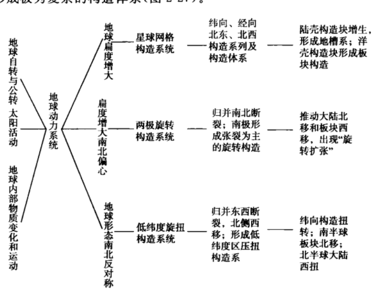


图 2-27　全球性构造系统运动程式

二、自然灾变系统形成机制的初步认识

(一)自然灾变形成之主因

自然灾变是由地壳表层运动异常或变异造成的。目前，国内外灾害科学研究的水平，还没有能够提出一个正确的，并为大家普遍认同的自然灾变系统形成机制的理论。根据自然灾害成因综合研究，获得的主要认识是：

(1)导致自然灾变的因素是复杂的；

(2)在多种因素中，只有地球运动可以使岩石圈、水圈、大气圈、生物圈发生运动，甚至同步运动，从而形成各种自然灾变，甚至自然灾变系统；

(3)太阳活动是重要的致灾因素，它可以通过对地球运动和全球变化的影响，导致自然灾变，也可以直接影响海洋和大气，使其发生灾变；

(4)其他致灾因素可以影响地球运动和全球变化,也可以影响地球岩石圈、水圈、大气圈、生物圈的某个部分,从而导致自然灾变发生,但一般是局部的。

(二)自然灾变系统形成假说

基于以上基本认识,我们提出一个粗浅的观点,作为初步的认识或假说供大家深入研究时参考。这个假说的基本观点有如下五个方面。

(1)各种自然灾变的产生是地球表层系统现今活动的产物,与地球运动变化及其他天体的影响有着极为密切的内在联系。

(2)有联系的自然灾变组合而成的总体称为自然灾变系统。自然灾变的联系性受控于地球各圈层运动的相关性,气象灾变、海洋灾变、地质与地震灾变、生物灾变分别是由地球及其气圈、水圈、岩石圈、生物圈的运动和变异及彼此相互作用引起的。自然灾变系统的产生乃是地球整体运动的反映。

(3)地球各种运动如公转、自转、涨缩、章动、岁差、极移、摄动等,都对自然灾变的形成产生不同程度的影响。其中,地球的自转运动是主要的,地球南北偏心运动、东西偏心运动、南北半球相对扭转,对地壳构造的产生及对地震的分布起了一定的控制作用,特别是地球的不等速运动对灾变系统的形成起着最主导的控制作用。地球自转速度变化的原因,除了地球运动与变化的内因外,其他天体的运动和变化对其也有很大的影响。例如,月球绕地球的月周期;地球绕日的年周期;太阳黑子 11 年周期活动、22 年磁周期,以及 35 年、90 年、200 年、400 年、1000 年、2000 年左右的不同尺度的变化周期,都影响到地球自转速度的变化,这些都反映在自然灾变的韵律变化周期中。

(4)地球自转不等速运动所导致的纬向力和经向力,在岩石圈中形成了全球构造系统,包括巨型的纬向、经向、北东向和北西向构造系列,以及隶属于它们的不同级序的构造成分。在海洋与大气中也形成了若干个洋流系统,它们的共同特点是在北半球者作顺时针方向旋转;在南半球者作反时针方向旋转。这些共同反映了在地球旋转过程中,地球赤道方向有更大、更突出的自东而西的纬向力的作用。

(5)自然灾变在我国的空间分布显然受着构造系统、天气系统、海洋系统的控制。中国大陆的长白山、辽东、胶东、东南沿海诸山脉;大兴安岭、太行山、武陵山、十万大山;贺兰山、龙门山、横断山等新华夏系南北构造隆起带和天山、阴山、昆仑山、秦岭、喜马拉雅、南岭等几条纬向构造隆起带,控制了我国自然灾变综合分区的大格局。这些隆起地带是山地地质灾害、地震、水土流失、森林灾变、暴雨集中的地带;介于其间的广阔盆地和平原则是洪涝、干旱和农业生物灾变最集中的地区;两者之间的山地与平原交界或山地与盆地交界为地震活跃的地带。在海洋中,厄尔尼诺与拉尼娜现象主要发生在赤道地带,台风主要发生在赤道南北两侧。在海陆交汇地区由于复杂的海气循环与海陆相互作用,是海洋灾变特别是海洋气象灾变最严重的地区。

众所周知,地质历史时期每一场地壳运动不仅在岩石圈中形成了显著的构造形迹,导致火山活动和岩浆活动,同时还引起海水进退、气候剧变和生物界飞跃发展。根据地质考察、历史记录和现代观测资料分析,第四纪以来,地壳活动、海水涨落、气候变化、生物发展等共同存在着日、月、年、5～6 年、11 年、22 年、35～40 年、80～90 年以及尺度更大的周期变化。因此,由这些自然变化所控制的自然灾害也存在共同的韵律性。

地球自转速度变化是怎样导致了自然灾变系统形成呢?在理想的情况下,简要的过程是:

地球自转推动着天气系统、海洋环流、地壳构造系统的发展演化。地球在时快时慢地转动着，当地球自转速度变快时，自东向西和自两极向赤道的挤压力增强，地壳中应力在积累；一旦地球自转速度变慢，积累的应力便得以迅速释放，于是便发生了地震。因此，地球自转速度变慢的时期是地震活动频次增多和强度增高的时期，同时大陆东部热带气旋、飓风和暴雨增多，易发生洪涝，大陆西部则多发生干旱。

地球自转速度达到最慢的时期，地球扁度最大，致使许多断裂，特别是赤道与低纬度地区的经向或接近经向的张断裂发育，导致火山活动与地下放热、放气现象增多，这可能是促使海温升高的一个重要原因。另外，当地球自转速度变慢时，赤道自西向东的气流和洋流增强，海温升高，于是便出现了气象、海象异常和厄尔尼诺现象。由于海洋温度上升，必然使气压下降，大气上升，加之由于地球自转速度减慢引起的纬向力的变化，便影响了大气环流的正常形势，使增温区以东的中美洲西岸地带雨量激增，发生洪涝；而增温区以西的西亚、东南亚及非洲地区的季风降雨减少，发生干旱。这时，我国南方雨量偏少，东北夏季低温冷害增多。

海温增高，海水体积增大，加之在地球自转速度慢的时期海水已在低纬度地区集中，因此在赤道及低纬度区便出现了显著的海面上升与海水入侵灾害。地球自转最慢的时期，正是地球扁度最大、赤道部分膨胀的时期，这时大气圈的厚度也最大，进而影响了对太阳辐射热量的接收，加之两极冷的气候带向赤道迁移，于是气候开始变冷，寒潮次数增多，海冰严重。

当地球自转速度由慢变快时，地应力由释放阶段转为积累阶段，除个别构造带外，地震活动总的趋势转向缓和，厄尔尼诺现象减少，拉尼娜发生，赤道太平洋东部海岸发生干旱，西部海岸雨涝增多。据研究，地震等灾变有随地球自转速度的变化而发生东西或南北迁移的现象。控制我国的天气系统，在地球自转运动制约下的向东、向西或向北、向南及旋转运动的相互作用，使我国气候和气象变化十分复杂，出现多种灾害性气象现象。

地球自转速度时快时慢的变化，推动着西太平洋高压带的位置发生着向南、向西，或向北、向东的迁移，这种迁移控制了我国降雨带的迁移，进而决定了我国干旱与洪涝地区的变化。一般来说，当地球自转速度变快时，我国南方易出现洪涝，北方易出现干旱；当地球自转速度变慢时，北方易出现洪涝，南方易出现干旱。

我国东邻海域属东北信风区，来自太平洋的洋流自东向西到达我国大陆边缘转向北流，洋流携带的大量热量在鄂霍次克海释放，由那里流出的一股寒流又沿海岸流动，影响到我国。此外，大气温度上升时海面上升，温度下降时海面下降。所有这些变化势必影响洋流动态，并通过复杂的海—气互馈系统，影响到我国的天气形势，导致海洋灾害和气象灾害。

无论是地球自转速度变快还是变慢，气温增高还是降低，雨量增多还是减少，都将使生物生存的环境发生变化。因此，任何一个变化时期，都是生物灾害的一个高发期，这也是农林生物灾变比其他自然灾变更为频繁的原因。

地球自转和地球自转速度变化时，不仅产生了平行赤道的纬向力和从两极向赤道或从赤道向两极的经向力，而且改变了地球引力场的状况，使重力发生变化。这些力的作用影响了岩石圈、水圈、气圈物质的不同运动形式，以及与运动方向和运动系统密切相关的空间格局，它们造就了中国孕灾的构造环境、地貌环境、气候环境，并共同控制了各类自然灾变的空间分布。

地球自转速度的变化包含多种尺度的周期。由于潮汐力日变化的影响，地球自转每天要发生一次快慢变化，称日周期。由于月球引潮力的变化，在月球围绕地球旋转一周中，每月初一、十五前后地球自转速度变化最大，称月周期。地球绕太阳公转，在通过近日点和远日点后

转速发生变化,3 月份左右最慢,8 月份左右最快,可称年周期。除此之外,地球运动过程中,周期为 31756 年的岁差,周期为 18.6 年的章动,周期为 15000 年的黄赤交角变化,周期为 20000 年的近日点长期变化,周期为 40000 年的地轴倾斜变化,周期为 96600 年的偏心率变化,周期为 1 年或 14 个月的极移,以及太阳和其他天体的运动与变化周期,皆影响到地球自转速度的变化,从而影响灾害发生的频度。所以,地球自转速度变化的周期是各种因素相叠加的复合周期,其间包含了其他动力作用与影响,使灾变活动的韵律更具复杂性。

由于地球轨道的改变,影响了日射量,从而使地球的气温发生变化,并可能通过大气角动量的变化影响到地球的自转速度。

前已述及,影响日射量的地球轨道参数有赤道偏心率 e、黄赤交角 ε 和岁差运动周期 p。1930 年,米兰柯维奇(M. Milankovitsch)综合考虑偏心率、地轴倾斜及岁差运动三者对气候的影响,按冬、夏半年分别计算了南、北两半球每隔 10 个纬度的辐射量。结果他认为气候变化夏半年起了主要的作用,他的思路可用下式表示

$$Q_s - Q_s = p\Delta\varepsilon - m\Delta\ (e\sin\Pi)$$

式中,Q_s 为夏半年实际接受的辐射量;Q_s 为现在的辐射量;p 与 m 是随纬度而变化的值;$\Delta\varepsilon$ 为地轴倾斜度变化值;$\Delta(e\sin\Pi)$ 为岁差运动与偏心运动结合起来的变化量。

米兰柯维奇认为,由于夏季降温,使冬季降雪来不及融化,冬季又到来,这样反复进行便形成了冰期。他计算的结果与第四纪冰期是大致相符的。

20 世纪 70 年代,通过对深海沉积岩心的研究,发现气候模式、地质记录与天文因素三者同步的变化,使一度冷落的米兰柯维奇理论又获新生。这些周期,也是众多自然灾害的活动周期。因此,掌握地球周期性的变化规律是灾害预测的重要依据。不难理解,当某一类大灾(如地震)发生前,不仅其所在圈层的要出现明显的变异,而且其地圈层也必然会同时出现不同形式、不同强度的自然变异。这些来自各种领域的信息,是进行综合预报的重要基础资料。这就是为什么进行地震预报也要对天象、地象、气象、海象、生物象进行监测与观察的缘故,由于天象、气象、海象、生物象的变化可能比地象的变化更为显著,或有超前,很可能对这些领域的观测研究将成为提高地震预报率的重要方向。

当然,以上有关自然灾变形成的时空规律,只是在理想的情况下的宏观分析。由于致灾因素的多样性和复杂性,具体而确切的特点远不是如此简单。

需要指出,自然灾变的成因是复杂的,灾变的起因并不能全部归之为地球的自转运动和变化,地球内部的放热、放气和软流圈的运动及地幔活动,地球整体的涨缩运动和东西偏心及南北偏心运动等都可以影响到自然变异,而且由于它们共同处于同一个地球动力系统之中,所以这些方面的变化也可能与地球自转速度变化造成互馈影响。特别是板块工作者重视的基于地幔和软流圈活动的地球动力学机制是不可忽视的,这些将在另外的著作中加以论述。另外,地球热场、地形地貌、与海洋的距离等都对某些自然灾害的形成有一定的影响,如陡峭的地形地貌易发生地质灾害,地温低的地区易发生冷冻灾害等。

(三)自然灾变是地球运动与变化的必然现象,巨灾事件是偶发事件

地球和地壳不停地运动和变化着,所以环境的变化、自然灾害的发生是必然的现象,是地球表层系统发展演化的必然产物,是不以人类的意志为转移的。早在人类出现之前,中国大陆就曾发生过多次几百万年、几千万年、几亿年等尺度不同的准周期性的从和缓到激烈的地壳运

动。每一次地壳运动,不仅导致了构造运动、岩浆活动、海水进退、气候变化,而且使生物界都发生了巨大的变化,生物出现了灭绝、迁移、进化等现象。只不过那时还没有人类,只能称为"灾变"。人类生存的地球由于自身的变化和天体的影响,其整体和各个圈层处于不断的运动和变化之中,使自然环境时刻发生着或好或坏的变化,当变化的程度超过一定限度,特别是发生突然巨变的时候,就会危及人类社会,造成人员伤亡和财产损失,这就是自然灾害。因此,自然灾变和自然灾害是地球运动和人类发展过程中不可避免的正常现象。但是,巨灾事件则是偶发事件,只有具备以下条件才能发生巨灾:

第一,致灾因子处于变化的激烈或最激烈的时期;

第二,在致灾的构造环境、地理环境、生态环境、海洋环境、大气环境变化强烈或最强烈的地带;

第三,人口与经济密集或最密集的地区;

第四,减灾能力弱或较弱的地区。

因此,巨灾灾变事件与巨灾损失事件,都往往具有时间与地域的局限性。但是一旦发生,对毗邻地区甚至国家,都将会造成巨大的灾难性影响。

初步研究认为,公元前200—公元100年(即战国—秦汉初期)、公元400—500年(即南北朝时期)、公元900—1100年(即五代十国至宋初时期)、公元1600—1700年(即明末清初时期)等都是气候寒冷、干旱严重、地震活跃的灾害期,是我国北方沙漠化发展时期,巨大的灾害使人民遭受巨大损失,社会动荡,战乱不息。如1600—1700年是我国历史上的低温时期,连年大旱,遍及西北、华北、华东、中南、西南等地区;1665—1709年华北出现8级和8级以上地震3次,7~8级地震2次,6~7级地震3次;长城外的森林消亡,变成沙荒;此外台风、蝗灾、瘟疫都很严重,民不聊生,终于导致了明末农民起义。

现在世界已面临一个灾害频发、环境问题严重的灾害时期,这是地球运动和自然环境演变的客观规律,人类必须面对现实,谋求对策。亚洲不仅致灾因素严重,而且减灾能力较低,有些地区人口又特别集中,最易分发生巨灾事件。人类的力量是不可能全部消除自然灾害和对自然环境按人的意志进行根本改造的,只能在顺乎自然规律的前提下,调动人类的所有力量去减轻灾害、保护环境、改善环境,谋求人类的发展。因此,亚洲各国的联合与共同面对巨灾事件是十分重要的。

第三章　亚洲巨灾事件分布规律探索

第一节　亚洲及毗邻地区的致灾环境

自然灾害的形成是受自然环境与人文环境双重致灾环境控制的。自然环境一般包括构造环境、海洋环境、气候环境和生态环境。

如前所述，巨灾事件只能发生在构造活动激烈，海陆交汇，天气剧变的地带。因此，本书亚洲致灾环境与分区只限于可能发生巨灾的地区，而并非对全亚洲自然环境的分区。

一、亚洲的构造环境与构造体系[15]

亚洲处于欧亚板块的东部，东为太平洋板块，南为非洲板块、印度洋板块，是地球上构造最发育的地区之一。构造体系作为空间条件和动力条件，控制了各种致灾环境的展布和活动特征，从而使自然灾害的分布呈现随着主体构造伸展的方向性，并可能在构造激烈的地区，发生巨灾事件。亚洲主要的构造体系如图 1-6 所示，其中区域性的构造对气候变化、生态环境、水文环境和相关灾害有着局部的控制意义，而巨型纬向构造体系、巨型经向构造体系、巨型北东向构造体系、巨型歹字型构造体系等则对全球气候带的分布，生态环境、水文环境及自然灾害分布起着宏观的控制作用。

（一）纬向构造体系

纬向构造体系主要由一系列走向近于东西的挤压型褶皱和褶皱带、断裂和断裂带，呈东西向定向排列的不同规模、不同时代、不同形象的构造地块，以及与之相配套的横张断裂和两组交叉断裂等构造形迹所组成。

1. 超巨型纬向构造体系

（1）北方前寒武纪地块系纬向构造体系

北方前寒武纪地块系纬向构造体系主轴位于 60°N 一带，是一个由一系列呈东西向分布的古老地块组成的超巨型纬向构造体系。这些古老地块包括中国大陆地台和格陵兰地盾；东欧陆台上的波罗的地盾（白海陆核、芬诺卡瑞利陆核）和俄罗斯地台（乌克兰陆核、伯朝拉带）；西伯利亚陆台上的西伯利亚地台（阿尔丹陆核、阿纳巴尔陆核、通古斯陆核和斯塔诺夫带、安加拉带、贝加尔带、叶尼塞带）以及西西伯利亚地块、泰梅尔地块、新西伯利亚地块等；科累马—阿拉斯加地区的契尔斯—阿莫隆地块、鄂霍次克地块和楚科奇地块等，形成一个围绕北冰洋的纬向构造圈。

（2）特提斯中、新生代纬向构造变动带

它自西向东进入非洲与南欧之间的地中海及中亚地区，再向东包括中国、蒙古、朝鲜、日本

及中南半岛诸国的广大地区。它几乎卷进了太古宙以来所有的地层、火成岩和变质岩；构造变形剧烈而丰富多彩。不但夹杂了大量离散前寒武纪地块，如鄂尔多斯陆核、燕辽陆核、河淮陆核、阿拉善陆核、敦煌陆核、塔中陆核、柴达木地块、卡拉库姆地块、康滇地块、黄陵陆核、岭南地块、本州地块、闽浙地块、南海地块、雅布罗诺夫地块、图瓦地块、乌兰巴托地块、松嫩地块、布列亚地块、佳木斯地块、准噶尔地块、伊宁地块、安纳托利亚地块、潘诺地块、波希米亚地块、阿莫利克—中央高原地块、伊比利亚地块及危地马拉地块和佛罗里达地块等，还夹杂了阿尔卑斯—喜马拉雅造山带、阿特拉斯歹字型构造、扎格罗斯歹字型构造、帕米尔—青藏歹字型构造、著名的乌拉尔欧亚山字型构造、祁吕贺山字型构造，以及蒙古弧和华南弧，欧亚大陆与非洲大陆之间巨大的扭错带，中国濒太平洋的新华夏系构造和巨型秦岭—昆仑纬向构造带、南岭纬向构造带和阴山—天山纬向构造带等，共同组成这一复杂的纬向构造体系。

2. 巨型纬向构造体系

巨型纬向构造体系在地球表壳屡见不鲜，在中国的海南岛、印度尼西亚的爪哇、澳大利亚中部的麦克唐奈山、印度半岛的中北部隆起等，都有十分醒目的纬向构造踪迹。但其中最为壮观，且具等间距分布特点的纬向构造带，主要为位于超巨型特提斯复杂纬向构造带中的几条：

第一带，秦岭—昆仑纬构造带，主体位于 32°30′—34°30′N；

第二带，阴山—天山纬向构造带，主体位于 40°30′—42°30′N 之间；

第三带，主要出现在 49°—50°N 之间的唐努山和肯特山一带；

第四带，主体大致位于 24°—26°30′N 之间，在中国境内称南岭纬向构造带，到印度中部又出现了东西向隆起带。

（二）经向构造体系

1. 超巨型经向构造体系

(1)前寒武纪地块系经向构造体系

亚洲大陆主要有 2 个构造带(系)。

第一带，印度—西西伯利亚前寒武纪地块系经向构造体系。

这个经向构造体系被夹持于乌拉尔—克尔曼经向挤压带与叶尼塞—贺兰山—川滇三江—阿拉干山和 90°E 海岭挤压型构造之间，由呈南北向展布的西西伯利亚地块、新西伯利亚地块、利克契塔夫地块、乌鲁套地块、伊宁地块、准噶尔地块、敦煌陆核、塔中陆核、柴达木地块、羌塘地块、昌都地块、卡拉库姆地块，以及印度半岛上的印度半岛陆核、阿萨姆陆核、班德康陆核、帕米尔地块和斯里兰卡地块等前寒武纪地块组成，是一个遭受强烈挤压的经向构造体系。

第二带，位于第三带以东，100°—160°E 之间，在构造上西与叶尼塞—贺兰山—川滇三江—阿拉干山和 90°E 海岭挤压型经向构造带为邻，东以上维尔霍扬斯克—萨哈林岛(库页岛)—日本本州—马里亚纳—塔斯曼海挤压带为界。由阿尔丹陆核、阿纳巴尔陆核、通古斯陆核、鄂尔多斯陆核、蓟辽陆核、河淮陆核、华南地块、闽浙地块、本州地块、伊尔冈陆核、皮尔巴拉陆核、金伯利陆核、高乐陆核，以及开普利带、阿梅杰带、苏雷地块等组成。

(2)大洋裂谷系经向构造体系

大洋裂谷系经向构造体系主要发育于大洋洋壳内。全球主要有 4 条，皆纵贯南北：太平洋裂谷带、大西洋裂谷带、印度洋裂谷带和塔斯曼海裂谷带等。它们共同组成了大洋裂谷系经向

构造体系。

2. 巨型经向构造体系

这一规模和型式的构造体系，主要发生在大陆地区，由两类构造形迹组成：一为大陆裂谷型的；一为挤压带型的。前者由张追踪裂谷构成，后者由挤压性的褶皱和褶皱带、冲断和冲断带，以及相伴而生的横向断裂和大量的火成岩侵入以及地震、火山活动构成。中型、小型，乃至单项经向构造形迹广泛发育。亚洲巨型经向构造带，主要有四条。

第一带，主体展布于 90°—100°E 一带。在我国，南为川滇西部三江南北向构造带，北为贺兰山南北断褶带。这个带由北向南穿过秦岭略有拐弯进入川西北，与龙门山断褶带复合，且在松潘地区还不断有其踪迹出现。历史地震活动表明，这条经向构造带，穿越秦岭并未销声匿迹，而且屡有活动。被干扰了的松潘和龙山门构造带，到了邛崃一带逐渐恢复了它的正常方向，沿着川滇西部三江流域，向南直抵新平、个旧一带，又为青藏滇缅歹字型构造红河断裂所拦截。越过这个弧形构造带，到了缅甸西部阿拉干山和 90°E 一线海域，一批强大的南北挤压性构造再次出现。由贺兰山往北，阴山—天山纬向构造带和蒙古弧可以说几乎完全阻断了它的去路，尽管如此，在贺兰山至伊尔库茨克一带还不时看到走向南北的构造片断。过了伊尔库茨克，刚强的西伯利亚地块虽然没有留下走向南北的构造踪迹，但稍微偏转了一些方向的叶尼塞河压扭性断裂带、通古斯剪切断裂系和大片中生代暗色火山岩和金伯利岩等，均说明这一地带曾经历过东西方向的挤压运动。

第二带，即乌拉尔—克尔曼经向构造带，是最壮观的经向构造之一，主体位于 60°E 左右，主要由两段走向南北的构造带组成。北段为乌拉尔造山带，北起哈拉海南岸，南抵咸海北岸，南北延展达 2000 余千米，宽 40～150 余千米，横亘欧亚大陆中部，不但是欧、亚大陆的天然分界线，也是东欧地块与西西伯利亚的分界构造带。乌拉尔是一复合型造山带，历经多次构造运动，卷进了从元古宙到新生代的一系列地层，由太古宙—古元古代变质杂岩、中—新元古代沉积岩、古生代沉积岩和火山沉积岩、中新生代海相和陆相沉积岩系组成，其造山作用完成于晚古生代，中、新生代则以块断运动为主，褶皱、断裂、岩浆活动和蛇绿岩带变质作用都十分发育，是一条标准的经向挤压性构造带。南段为分布于伊朗中东部的南北向块断带。在南北两段构造之间北西西向科佩特褶皱带和走向东西的厄尔布尔士褶皱山系掩没了南北向构造带之后，于伊朗中部的卢特地区发育一组走向南北的褶断构造带，西侧为卢特地块，被三条走向南北的压扭性断层切割分隔为两个南北向的地块条，东侧的中、新生代沉积层及基性和超基性岩、花岗岩等均卷入南北向强烈褶皱之中。再向南，这个构造带又被扎格罗斯歹字型构造所掩没，从此再未见到向南伸展的踪迹。

第三带，即东非大裂谷带。著名的东非大裂谷，是大陆上最大的一条经向裂谷构造，其主体大致位于 30°E 一线，南起赞比西河口，向北沿希雷谷地、马拉维湖推进，至坦桑尼亚的姆贝亚分为东西两支。东支沿东非前寒武纪古老地块东侧、维多利亚湖以东的沼泽地带，反转曲折直抵红海与亚丁湾的转弯处；西支沿坦萨尼喀湖、基伍湖、阿明湖、爱德华湖、蒙情托湖（阿尔伯托湖），围绕东非地块和维多利亚湖画了一个弧，在快进入埃塞俄比亚高原前与东支汇合，穿过高原进入红海。在红海与张扭性断裂带复合，沿北西方向发展，到西奈半岛又分为两支：西支沿苏伊士运河进入地中海；东支沿死海北上直抵叙利亚北部的托罗斯弧与扎格罗斯歹字型构造头部拐弯处消失，全长达 7000 多千米。这个裂谷构造带，是在前寒纪基底内两组共轭剪切

断裂基础上，由张追踪作用而发展起来的，起始于中生代末的晚白垩世，至今仍不断有所活动。因此，这个裂谷构造带具有如下特点：一是裂谷形成了一系列湖泊；二是有多期火山喷发活动，挽近时期仍不断有火山活动；三是裂谷多为槽状，两壁陡峻；四是裂谷边界多呈反“之”字状（锯齿状）。

第四带，为上维尔霍扬斯克—塔斯曼巨型经向构造带，大致在125°—160°E之间作北北西方向伸展，由多个段落组成，断续延伸达万千米以上。由北而南依次为：①上维尔霍扬斯克造山带，位于米亚基特—塔赫托亚姆斯克“S”形断裂带与基尤修尔—尤尔—乌第湾“S”形断裂带之间，主体为呈南北向展布的晚白垩世“S”形褶皱山系；②阿扬斯克断裂带，位于阿尔丹陆核地块东缘，北与上维尔霍扬斯克“S”形褶皱带相接，向南受北东向朱格朱尔褶皱山系阻隔而中断；③萨哈林断褶带，位于北东向锡霍特中、新生代褶皱带与鄂霍次克新生代断陷之间，其西为南北向断裂控制的鞑靼海峡，东为被褶皱断隆升的南北中、新生代断褶带；④北海—本州南北向断褶带，位于日本北海道—本州东北部，东临太平洋，为日本海沟俯冲带所强化，西以丝鱼川—静冈南北向断裂与东南本州为界，基底古生代—早中生代地层，在中三叠世末褶皱隆起为走向南北陆隆，中、新生代期间块断运动，火山活动和地震活动频繁；⑤小笠原—马里亚纳海隆带，由位于菲律宾菱形海盆与西太平洋海盆之间，主体呈南北向展布，由纵张火山链海岭组成，起始于早侏罗世，至今仍在活动；⑥塔斯曼构造变动带，小笠原—马里亚纳海隆带向南延至雅浦岛一带，受到巴布亚新几内亚北西西大扭裂带的干扰，不仅构造方向有所改变，而且仅出现几个多字型构造以后，即行消失。过了巴布亚新几内亚，于澳大利亚东侧之珊瑚海和塔斯曼海一带，重新出现了一个较为特殊的构造变动带，它走向南北，是一个先张后压的构造变动带，即在早侏罗纪时是一个扩张的裂谷，到了新生代古近纪，扩张逐渐转为挤压，张裂带遂转变为挤压带。

亚洲巨型经向构造带，除上述四条外，还有许多规模不小的构造带分布于各地。例如，中国境内鄂尔多斯地块东缘的南北向块断带，印度洋中的拉克代夫—马尔代夫—克戈斯海岭等。

（三）共轭剪切断裂或网络状构造体系

大陆地区共轭剪切断裂有如下六个特点。

第一，规模大小不等。大者可延展至几千千米，如阿尔金断裂系、大别—祁连—婆罗科努山断裂带；小的可到手标本上的“X”节理。

第二，多期性。大陆上的共轭剪切断裂随大陆壳演化而演化，所以，既有前寒武纪剪切断裂，也有挽近时期的断裂。

第三，多层次性。既有生于结晶岩基底的，也有生于沉积盖层的；既有生于沉积岩中的，也有生于变质岩和火成岩中的。

第四，多类型。两组断裂交叉既有呈菱形的，也有呈方形或梯形、三角形的；断裂的力学性质均为扭性，但多为扭性兼压性，或扭性兼张性。

第五，广泛的复合性。多期断裂复合性（归并、重接、包容和重叠）非常普遍，而且越古老的断裂，复合越复杂。由于多期复合，结构面的力学性质也随之复杂化。

第六，逐级包容和控制作用。一般来说，大系统包容小系统，而且一级包容一级；大系统控制小系统，而且逐级控制。

（四）全球大扭转构造体系

影响亚洲的大扭转构造体系有三个。

（1）太平洋中的扭错带。其中，最引人注目的有三个巨型平移断裂带。最北边的一带为发育在 40°N 左右，走向近于东西的门多西诺断裂。它由北美大陆西缘门多西诺角出发，切断洋壳向西延伸达数千千米，将断裂带北侧的地块向西平推了 1000 余千米；中间为中美洲扭转带，越过北美南部大陆架进入太平洋的一个巨型平移断裂群，克拉里翁断裂带、克利珀顿断裂带、加拉帕戈斯断裂带等都被卷入这一平移系统之中。最南边的一带，大致位于赤道到 30°S 之间的一个北西西向的狭长地带，西起巴布亚新几内亚，西如北侧“鸟头”部分的一近东西走向左行平移断层。该断裂因向西延入马鲁古海，经印度尼西亚西巴布亚省的索龙市，故名索龙断裂。这条直立断裂东西延伸达 1200 km，左行平移 900 km，将原为一个的盆地切割为两个盆地：萨拉瓦蒂和托莫瑞盆地。该断裂带往东经所罗门群岛、萨摩亚群岛、社会群岛，直抵复活节岛，绵延数千千米，由一系列冲断带、平移断裂和火山岛显示的扭转构造带，将东太平洋、中太平洋推向菲律宾海盆方向。

（2）亚洲大陆和印澳地区的扭错带。这个地区的扭转构造变动带显得相当复杂和多变。冈瓦纳古陆分裂为南美陆块、非州陆块、印度陆块和澳大利亚陆块，并各奔东西，组成东冈瓦纳（印度陆块和澳大利亚陆块）和西冈瓦纳（非洲陆块和南美洲陆块）。从澳大利亚东部沿海地带和新西兰的构造变动特点看，澳大利亚大陆相对南中国海向东发生了大距离的水平滑移，而这两个地块之间所夹的印度尼西亚弧就充当了水平扭错带的作用。35°S 左右的迪阿曼蒂纳斯断裂带，从 90°E 海岭南端向东直抵南澳大利亚海盆，将澳大利亚地块（包括澳大利亚陆块和其以西的海盆）和南大洋洋壳分开，将南大洋壳块向东平错，构成这个地域最南边的一个巨大水平扭错带。越过青藏滇缅印尼歹字型构造向北进入亚洲腹地，这个夹于南侧古老的地块系与北极古老地块系之间横亘东西的地带，是两个古老地块系相对水平扭错的最佳地带，一系列纬向构造带中的挤压冲断裂都经常伴随“大平移”，这些“大平移”就是这个地区的水平扭错带。

（3）欧非地区的扭转构造变动带。欧洲与亚洲大陆紧密相连，非洲地块与南欧地块之间的阿尔卑斯造山带和地中海地区，与亚洲腹地极其相似，南北两古老地块之间也都发生过东西向水平扭错，这些现象早为地质学家所注意，认为欧非接壤地带的一系列走向近于东西的“大推覆、大平移”断裂带，都是这一扭转构造的踪迹。亚平宁山褶断带、亚得里亚海断陷和狄那里克阿尔卑斯褶皱带那种反多字型的构造组合，虽然不是东西方向水平扭错构造的踪迹，但却反映了反多字型构造南北两侧的地块曾发生过东西方向的水平左旋扭错。非洲大陆上最突出的现象，莫过于西非大陆突向大西洋，看来与发育于大西洋赤道附近的断裂带上陆进入中非不无关系，即使没有明显的构造踪迹，但强大的东西向扭转力，也会把西非大陆推向大西洋的。非洲大陆最南端的开普造山带，是否发生过如我国秦岭造山带北侧的“大推覆、大平移”，虽然现在尚未见到有报道的直接证据，但从开普山的构造变形特点和山形走势看，小的水平扭错不会没有的。

这就是我们所认识的全球大扭转构造体系的主要组成部分。

（五）旋转构造体系

影响亚洲的旋转构造体系有主要有帚状构造体系和扭转带中的旋转构造。

1. 帚状构造体系

在我国东部有一个以泰山为砥柱的鲁北帚状构造体系，它的一级旋回层由第三纪早期形成的冀中凹陷、天津隆起、黄骅凹陷、埕宁隆起、济阳凹陷、东濮凹陷、开封凹陷等组成，均呈向西北突出的弧形，并呈向西南收敛、向东北撒开之势。这些凹陷和隆起又分别由次一级凹陷、凸起，以及控制它们的弧形断裂组成，并显示了内旋层作逆时针、外旋层作顺时针旋转运动的小型帚状旋转构造体系。

西南太平洋帚状旋转构造体系，由遍布西南太平洋的一系列弧形列岛组成。其中，最接近澳大利亚大陆的一连串弧形列岛是伦内尔群岛、新喀里多尼亚岛和诺福克岛，直至和新西兰北岛的奥克兰半岛相衔接，这一串岛屿和半岛与徐士所谓的第一道澳大利亚弧相当。在这一道弧的东北，又有一串由所罗门群岛、新乔治亚群岛、新赫布里底群岛组成的弧形列岛。再往北和东北，又有一串弧形列岛，由加罗林群岛、库塞埃岛、瑙鲁岛等组成。再往东北去，还有一串弧形列岛，北段分为两支，东支为拉塔克群岛，西支为拉利克群岛，它们总合起来称为马绍尔群岛，循此向南为吉尔伯特群岛、图瓦卢群岛，直抵斐济群岛以南，这一串弧形群岛是苏士所谓的第二道澳大利亚弧。以上四道弧形列岛的东南端，有插入汤加—克马德克—新西兰隆起带的趋势，并且还有使该隆起带的西边对它的东边向东北拖动的迹象，有人认为甚至平移达300 km。这四道弧形列岛，构成了一个由大型扭性断裂构成的帚状构造体系。根据新西兰阿尔卑斯断层提供的信息，这个帚状旋转构造体系内旋层的运动方向是反时针的，外旋层为阿尔卑斯断层，是右旋平移的(即顺时针方向运动)，其运动量从侏罗纪起总断距达 480 km，仅第四纪断距就有18 km。所以，这个帚状旋转构造体系起源于侏罗纪，至今仍在活动，是个地震多发地带。

2. 扭转带中的旋转构造

班达海旋转构造，产生于亚澳大陆之间扭动最激烈的地带，以班达海为旋涡。班达海是一个最深的陆间海，最深处达 10 km，其周围围绕着帝汶岛、丹尼巴岛、卡伊岛、伊里安岛、塞兰岛、苏拉威西岛，甚至还包括菲律宾西南部的巴拉望、纳索角—萨尔塔纳—卡加延—卡加延苏禄、苏禄群岛，以及桑吉群岛和米那哈沙半岛等一系列反转弯曲的弧形列岛和半岛，共同组成了一个连环式旋转构造。

阿尔卑斯旋转构造，产生于南欧地块与非洲地块之间的剧烈扭动地带内。在巨大平错和挤压合力作用下，"新欧洲"沉积层围绕前中生代地块或岩块，除形成亚得里亚反多字型构造外，还反复褶皱断裂，屑肠弯转，并同时形成了喀尔巴阡、斯洛伐克、捷克、罗马尼亚等一系列"新欧洲"旋转构造。

(六)块缘歹字型构造系列

有一系列歹字型构造体系影响到亚洲。

(1)巴布亚新几内亚—新赫布里底岛歹字型构造。在澳大利亚大陆向东漂移和向北推挤的过程中，与西太平洋的向西推进，在巴布亚新内亚—斐济群岛一带发生剧烈大扭转，在这一带沉积的中、新生代地层，于新几内亚岛至新爱尔兰岛形成一系列略向北东突出的弧形冲断层、俯冲带和褶皱带；向东在所罗门群岛经过一段舒缓构造带之后，在新赫布里底群岛及它外侧的俯冲带和海沟，突出转向东南伸展，并围绕斐济海划了一个大弧，构成该系列最东边的一个几乎"平卧"着的歹字型构造。

(2)藏、滇、缅、印尼歹字型构造。该构造是一个比较典型的歹字构造,位于印度地块和东南印度洋地块北侧。在南北向平行力系作用和反作用下,地块北侧的中、新生代海槽沉积,即卷入以印度地块伸向东北的尖角——西隆地块为砥柱所发生的内旋作逆时针方向、外旋层作顺时针方向的旋转运动之中,昆仑山以南的巴颜喀拉山、唐古拉山、念青唐古拉山、横断山脉中的走向冲断和褶皱带,均呈向东北突出的弧形构造带,围绕"尖角地块"呈右旋层层包围之势,组成该歹字型构造的头部。过了西藏东部的大拐弯,在强大东西挤压作用兼其南北扭动作用下,缅甸向西略有突出的阿拉干弧等,构成了歹字型构造的中段。过了安达曼弧,一股向北的俯冲力和印度尼西亚群岛两侧地块的平错运动,不但给予了印度尼西亚群岛一强大的挤压作用,而且还将其向东远远托去,形成了歹字型构造尾部印度尼西亚弧。

(3)帕米尔—喜马拉雅歹字型构造。该构造分布在印度地块以北的帕米尔高原和喜马拉雅山地区。印度地块型态非常特殊,好像一个羊头角,其共轭锐角一个指向东北,即前述的"西隆尖角",另一伸向西北,即"帕米尔尖角"。歹字型构造的头部,由围绕帕尔高原向北突出的半环状褶皱带组成,中部由走向西北—东南的喀喇昆仑褶皱带组成,尾部呈舒缓的近东西向展布的弧形褶皱和逆掩断层等构造形迹组合而成的喜马拉雅褶皱带,成为歹字型的尾部褶带。

(4)托罗斯—扎格罗斯歹字型构造。该构造分布于由非洲地块中分离出来的、呈菱形的阿拉伯地块北和东北侧的土耳其东部和伊朗东南一带。这一构造体系很显然起源于阿拉伯地块的向北推进。阿拉伯地块是一个由北北东—西西南和北西—南东向两组共轭剪切断裂切割而成的菱形地块,红海裂谷型边界断裂和阿拉伯海裂谷型边界断裂指示阿拉伯地块在向北推进的过程中,与非洲地块曾发生水平同向差异运动,并超前向北推进,在其北前方产生压扭。所以,北北东向的方特来断裂和北西向的扎格罗斯压扭性断褶带首先卷入歹字型头部构造。由于由南向北的推覆没有通过阿拉伯地块的质量中心,地块发生反时针方向旋扭运动,于是在其轭剪切断裂之上叠加复合不具弧形弯曲的歹字型头部构造。此时,由北而来的反作用力的分力,不仅在北西向共轭剪切断裂上叠加了挤压力,也叠加了平行于剪切断裂的水平扭错力,并把断裂东北的地质体推向右旋运动,在莫克兰一带还出现大致近于东西向略微向南凸出的弧形构造带,从而完成了该歹字型构造的造形。

(5)西伯利亚地块与西太平洋地块边缘歹字型构造系列。我们曾经讨论过,北起西伯利亚地块北侧,经日本岛弧,南抵澳大利亚东侧塔斯曼裂谷的经向巨型挤压性构造带上复合了一系列歹字型构造。

①上维尔霍扬斯克歹字型构造。该构造位于西伯利亚地块东北及东部边缘,主要由维尔霍斯克中、新生代沉积层,经过构造运动所产生的变形和各种断裂构造组成的呈反"S"形展布的褶皱断裂山系,以及围绕西伯利亚地块作"帚状"分布的新地岛弧形褶带,喀拉海凹陷、拉普捷夫海—泰梅尔断褶带、哈坝加河凹陷带共同组成了一个完整的歹字型构造。

②马里亚纳似歹字型构造该构造。大致展布于太平洋海盆西缘,从小笠原群岛到雅浦岛一带,以马里亚纳典型的双峰式沟—弧—盆体系,组成了一个向东突出,又向西南撒开的似歹字型构造。

(七)块缘多字型构造系列

1. 东亚新华夏系多字型构造体系

这个生于挽近地质时期的多字型构造体系,展布于东亚大陆边缘中国川滇南北向构造带、

缅甸南北向构造带和贺兰山南北向构造带以东至西太平洋海沟之间。北起楚科奇地块，南达大巽他群岛，绵延 8000 余 km，其主体主要由几条走向北北东的隆起褶带和沉降带组成，其中最东边的一条，就是东亚大陆与太平洋之间的所谓俯冲带（海沟）带。当亚洲大陆由西向东逆掩（或仰冲）太平洋块体由东向西俯冲时，不仅发生两侧地质体的巨大错位，而且发生挠曲，形成巨大凹陷带——海沟，自北而南，分别为千岛海沟、日本海沟、琉球海沟。在这个海沟带以西，就是著名的东亚岛弧隆起带，这个带地震活动频繁，是有名的环太平洋地震活动带的重要组成部分，也是一个挽近时期的火山活动带，构成有名的安山岩线和环太平洋火山活动带。迤西，是另一个宽阔的沉降带，由东北而西南，分别由鄂霍次克海、日本海、东海、南海等组成，沉降带内沉积了巨厚的新生代沉积层，创造了很好的成油条件。上述三带构成了板块构造所谓的沟—弧—盆体系，其特点有：①是中、新生代构造运动的产物；②在横剖面上隆凹相间排列，并呈向东突出的弧形构造系；③在纵向上由东北向西南依次呈雁行式排列；④沟—弧—盆系呈现由西向东波浪式推进之势，隆起带的东坡陡、西坡缓；⑤不仅受到东西或南北向构造运动的干扰，使之呈现为一串串弧形构造，局部还经常卷入其他小型构造体系之中。

由沟—弧—盆系向西登陆，第一条隆起带就是锡霍特山、斜贯朝鲜半岛的紧密褶皱带、中国东南部的武夷山等褶皱山系，虽然组成它们的地层有的比较老，但这些地层都卷入中生代构造变动之中，中、新生代火成岩相当发育，复合其上的褶皱和断裂构造控制隆起带呈北北东向雁列式展布。由此向西，紧接着为松辽盆地、华北盆地、江汉盆地和北部湾盆地等组成的北北东向陆相沉降带，其内充填了巨厚的中、新生代地层，主要是第三纪陆相地层，为成油、找油提供了条件。紧临盆地沉降带西侧，为陆上第二隆起带，由北向南分别为大兴安岭、太行山脉、贵州高原的北北东向褶皱带。最西边的一个沉降带，由海拉尔盆地、二连盆地、鄂尔多斯盆地和四川盆地等组成。陆上新华夏系构造具有如下特点：①主干构造隆起带或沉降带，分别被南岭纬向构造带、秦岭—昆仑纬向构造带和阴山—天山纬向构造带等分隔成一段段隆起山系和斜列的沉积盆地；②无论隆起褶皱山系还是沉积盆地，都因纬向构造带的干扰，在靠近纬向构造带其构造走向发生偏转，即北端由北北东逐渐转为北东甚至北东东，南端由南南西逐渐转为南西甚至南西西，在平面呈“S”形展布；③无论隆起山系还是沉积盆地，东西两侧均不对称，盆地呈膝状断陷，西侧断裂发育，断陷较深，东侧呈翘起之势；④普遍发育一组与主干北北东向构造相配套的北西西向张扭性断裂构造，但不像主干构造那么发达；⑤新华夏沉降带有利于油气的生成，在我国已建成一系列石油工业基地，褶皱隆起山系是寻找金属矿产，特别是有色金属矿产的有利地区。

2. 西太平洋反多字型（火山链）构造体系

在东太平洋海盆以西，伊豆—小笠原群岛和马里亚纳群岛以东，密克罗尼西亚和波利尼西亚火山岛群分布的广大海域内的大洋硅镁壳上发育一系列大洋盆地和海底山脉，彼此呈反多字型排列组合。这反映出太平洋块体与它西侧的亚洲大陆块体在挽近时期曾发生过南北方向的水平扭错运动。

西太平洋与东太平洋底壳有着截然不同的结构构造。东部主要由一系列巨型纬向断裂将洋壳切割成一系列东西向展布的长条状块体；而西部则为一系列呈北西向展布的海底山脉（海岭）分隔几个大的深海洋盆，由北而南分别为西北太平洋海盆、中太平洋海盆和南太平洋海盆，三个海盆由北而南呈北西—东南向反多字型斜展布。

分隔海盆的海底山脉(海岭),绝大多数主要由挽近时期的玄武岩等基性、超基性火山岩组成,极少部分由珊瑚岛沉没海底形成。这些海底火山突兀海底之上雄伟壮观,如夏威夷群岛,水下部分达 5000 m,海面以上主峰高 4273 m,顶部平坦,呈平顶山。这些平顶火山岛多呈线状排列,构成一个个呈北西向展布的火山链,如夏威夷火山链、土阿莫土火山链等。这些火山链彼此呈雁行排列,组成一个个反多字型构造体系:由皇后海山向南至南太平洋海盆的夏威夷(群岛)海岭、莱恩(群岛)海岭、土阿莫土(群岛)海岭,库克—土布艾(群岛)海岭及埃尔塔宁(群岛)海岭共同组成了波利尼西亚反多字型构造体系;越过中太平洋海盆向西,则是密克罗西尼亚反多字型构造,它分别由呈雁行排列的南岛—威克岛、马绍尔(群岛)海岭、吉尔伯特(群岛)海岭、图瓦卢(群岛)海岭等组成;往南靠近澳大利亚一侧,由巴布亚新几内亚、所罗门群岛、新赫布里底群岛,甚至包括克马德克群岛等组成美拉尼西亚反多字型构造体系。其实,波利尼西亚、密克罗尼西亚和美拉尼西亚反多字型(山岭)构造,以及夹于它们之间的反多字型海盆和凹陷,进一步共同组成了一个规模更大的,具有多重复合关系的反多字型构造体系,如果说,环太平洋构造带控制全球 86%挽近火山活动,那么这一巨型反多字型构造,则控制着环太平洋的 80%以上的地震。

(八)山字型构造体系

我国境内已经认可的山字型构造有 20 多个,它们不是寓居于阴山—天山、秦岭—昆仑、南岭三纬向构造带之中,就寓居于湘南、川滇西部等经向构造带之中,其前弧弧顶既有指向南的,也有指向北的;既有指向东的,也有指向西的。其中,最大的是祁吕贺山字型构造,它夹于阴山—天山和秦岭—昆仑两大纬向构造带之间,弧顶指向南;而夹于阴山—天山纬向构造带之中的兴隆火神庙山字型构造,它的前弧弧顶则指向北;南岭纬向构造带中,除发育粤北山字型构造外,还有一系列正弦曲线弧;湘南经向构造带中的祁阳山字型构造,前弧顶是指向西的。从理论上讲,纬向构造带中山字型构造的弧顶既有指向南的,也有指向北的;经向构造带中山字型构造的弧顶除已发现指向西的外,指向东的只是目前尚未发现而已。

在世界其他地区也发现有山字型构造。其中,规模最大的是欧亚山字型构造,它横跨欧亚,卷进了北古老稳定克拉通地块系的俄罗斯地块和西西伯利亚地块,以及特提斯构造变动带的中亚和东欧部分,乌拉尔走向近南北的断褶带组成它的脊柱,前弧由哈尔巴阡山,经黑海北,斜穿里海,绕过卡拉库姆盆地南,转向北东,断断续续直抵准噶尔西北的界山等一带,这一系列南突出的挤压性弧形构造带构成了山字型构造的前弧构造。

其次,是发育于特提斯构造变动南带中的托罗斯—安纳托利亚山字型构造。这个构造体系的前弧由围绕着土耳其地块的托罗斯弧形褶皱山脉组成,在正对着弧顶的安卡拉—图兹湖一带的新生代地层中,发现一系列反映区域曾遭受过东西向强烈挤压作用所形成的构造形迹,正好构成了山字型构造的脊柱构造,并反映这个山字型构造大约在第三纪初期已经开始成长,到阿尔卑斯运动时期基本完成。

二、亚洲的地理环境与山川分布

(一)亚洲地理环境轮廓

亚洲东濒太平洋,南临印度洋,北滨北冰洋,西靠地中海和黑海。西北以乌拉尔山脉、乌拉

尔河、里海、高加索山脉、博斯普鲁斯海峡、达达尼尔海峡同欧洲分界；西南隔苏伊士运河、红海与非洲相邻；东南面有一系列群岛环绕大陆，与大洋洲接近；东北仅隔宽 86 km 的白令海峡与北美洲相望。

亚洲大陆海岸线长 69900 km，多半岛和岛屿。亚洲地形总的特点是地表起伏很大，崇山峻岭汇集中部，山地、高原和丘陵约占全洲面积的四分之三。全洲平均海拔 950 m，是世界上除南极洲外地势最高的一洲。全洲大致以帕米尔高原为中心，周边围绕一系列高大的山脉，主要有阿尔泰山脉、天山山脉、昆仑山脉、祁连山脉、喀喇昆仑山脉、喜马拉雅山脉、兴都库什山脉、厄尔布尔士山脉、扎格罗斯山脉和托罗斯山脉等。在以上主干山脉之间有青藏高原、蒙古高原、伊朗高原、安纳托利亚高原和塔里木盆地、准噶尔盆地、柴达木盆地等。在山地、高原的外侧，分布着面积广大的平原，主要有我国的东北平原、华北平原、长江中下游平原，南亚的印度河—恒河平原，西亚的美索不达米亚平原，北亚的西西伯利亚平原等。

亚洲地理环境的特点，概括起来有以下四点。

1. 阶梯型地貌

(1)亚洲大陆从最高的青藏高原向东，形成了三个显著的阶梯。

第一阶梯，即青藏高原，为最高的一级阶梯，平均海拔在 4000 m 以上。其北界为昆仑山，东界为横断山脉。高原上山岭宽谷并列，冰川湖泊众多。

第二阶梯，位于第一阶梯以东、大兴安岭—太行山—武陵山一线以西的地带。大体又分为两个部分：

东部包括内蒙古高原东部、黄土高原、四川盆地和云贵高原，为一宽 600 km、长 4000 km 的北北东向狭长地带，海拔平均 1000～2000 m。秦岭以北，地势波状起伏，黄土沟壑发育，切割深度达 500 m。秦岭以南，山岭崎岖，河川纵横，地貌类型复杂。介于第一、第二两个阶梯之间的地带，地形陡峭，河流深切。岷山、大雪山、沙鲁里山、云岭、高黎贡山与大渡河、雅砻江、金沙江、澜沧江、怒江相间出现，相对切割深度多在 500～1000 m 以上，边坡坡度在 30°～60°，甚至达 70°～80°。

第二阶梯的西部位于第一阶梯之北，包括塔里木盆地、准噶尔盆地和内蒙古高原的西部。除天山等山脉外，一般海拔在 2000 m 以下，地势较平坦，沙漠戈壁广布，多内陆河流与湖泊。

第三阶梯，位于大兴安岭—太行山—武陵山一线以东至海滨，是平均海拔 1000 m 以下的丘陵和 200 m 以下的平原。这一狭长地带的主体是地势平缓的东北平原、华北平原、长江中下游平原及若干山间盆地。它的西侧为大兴安岭、太行山、巫山、武陵山等，海拔一般在 1000 m左右，有些山峰高达 2000 m 以上，切割深度一般数十米至百米。平原带的东侧为张广才岭、长白山、辽东半岛—山东半岛丘陵和东南沿海丘陵，海拔一般 500～1000 m，个别山峰达 1500 m以上，一般属于浅切割类型。在东南沿海，地势向东急速降至海平面以下，一些地方切割较深，并形成复杂的峡岬和突兀的岛屿。

(2)亚洲大陆从最高的青藏高原向西，形成了三个显著的阶梯。

第一阶梯，除了青藏高原外，还包括总体走向为北东向的兴都库什山脉、西天山、阿尔泰山、萨彦岭等山脉，海拔都在 2000 m 以上。

第二阶梯，为大体北东向分布的阿拉伯沙漠、伊朗高原、哈萨克丘陵、中西伯利亚高原、蒙古高原等，海拔一般在 200～1000 m。

第三阶梯，包括西伯利亚平原、图兰平原、美索不达米亚平原、北西伯利亚平原等，海拔一般在 200 m 以下。

(3)亚洲大陆从最高的青藏高原向南，地貌形势为围绕印度中央高原，呈反 S 形排列的高山、峡谷、盆地、长形平原相间排列地带，直达海滨。海拔可从 2000 m 在短距离内降至 200 m 以下。

2. 多种类型的气候带

亚洲大陆南北跨 76 个纬度，包括岛屿则超过 90 个纬度，内陆距海岸最远达 2500 km 以上。全洲地跨寒、温、热三带。东亚东南半部是湿润的温带和亚热带季风区；东南亚和南亚是湿润的热带季风区；中亚、西亚和东亚内陆为干旱地区，气候的大陆性特征十分明显；以上湿润季风区与内陆干旱区之间以及北亚的大部分为半湿润半干旱地区。亚洲大部分地区冬季气温甚低，最冷月(1 月)平均气温在 0℃以下的地区约占全洲面积的三分之二，维尔霍扬斯克—奥伊米亚康一带，1 月平均气温达－50℃以下，奥伊米亚康极端最低气温曾低达－71℃，是北半球气温最低的地方。夏季普遍增温，最热月(7 月；南亚为 5 月，中南半岛为 4—5 月)平均气温，除北冰洋沿岸在 10℃以下外，其余地区在 10～35℃，20℃以上的地区约占全洲面积的一半，巴勒斯坦约旦河谷中的提拉特兹维极端最高气温曾达 54℃，为亚洲最热的地点。亚洲东部盛行东南风，南部盛行西南风，从热带海洋上来的湿润空气是亚洲暖季降水的主要来源。北亚、东亚、中南半岛、南亚的绝大部分地区属暖季降水区，约占亚洲总面积的五分之三，暖季降水量占全年降水量的 50%～80%，5—7 月在我国江淮流域和日本群岛常有“梅雨”。马来半岛和马来群岛基本上属全年多雨的热带降水区；日本群岛西部沿海地区属各月降水较均匀的温带降水区；西亚的西部、中亚、伊朗高原北部属春季降水区。降水最少的地区是我国的塔里木盆地和阿拉伯半岛中部，年平均降水量不到 50 mm。印度的阿萨姆邦、缅甸的西部沿海地区年平均降水量高达 3000 mm 以上，印度东北部的乞拉朋齐年平均降水量高达 10824 mm，为世界最多雨的地区之一。9、10 月至次年 3 月，西伯利亚和蒙古高原上空经常有强烈的冷空气(寒潮)南下，东亚的大部分地区易遭侵袭。5—10 月，发生于中太平洋西部的台风袭击东亚和东南亚东部沿海地区，发生于孟加拉湾的飓风袭击孟加拉湾沿岸地区，常造成严重灾害。

3. 山川走向受构造体系控制

亚洲的山脉和河流走向，受构造体系的控制。我国的山脉走向，以北北东、南北向及近东西向者为主，其中规模较大的见图 3-1。

河川的展布不是漫无规律的，往往主河道的方向大体反映了主构造的方向；支河道的方向反映了次要的或级别较低的构造方向；沟谷反映了断裂方向。从统计观点来看，亚洲河流的主要方向为近东西向，次为近南北向，再次为北东向和北西向，以及弧形，这与我国纬向构造带的发育，近南北向构造的穿插和北东、北西向构造，弧形构造的交叉分布是息息相关的。许多湖泊则往往出现在凹陷叠加的中心或断裂交叉点。河流和湖泊的外流区域约占全洲面积的 70%，其中流入太平洋的河流流域面积约占全洲面积的 29%，流入印度洋的约占 15%，流入大西洋(流入黑海和地中海)的约占 1%，流入北冰洋的约占 25%，大河多发源于中部山地和高原区。内流水系发达，是亚洲水系的一大特点。内流区域(包括无流区)约占全洲面积的 30%，主要分布于东亚西北部、中亚和西亚。亚洲北部的河流结冰期长达 5 个月以上，南部的河流终

年不冻。北半部的大河在冰雪融化期或雨季时，汛期长 5～6 个月；南半部的大河汛期长 3～5 个月。亚洲东南半部河流的水源主要或几乎全部靠雨水供给，东亚东南半部、中南半岛北部、南亚北部、北亚东南部的河流以 6—8 月径流量最大，中南半岛南部、马来群岛、南亚南部的河流以 9—11 月径流量最大，西亚的河流以冬季（12 月至次年 2 月）径流量最大，仅西亚北部边缘地区以春季径流量较大；东亚西北半部和中亚干旱地区，河流的水源主要靠地下水或雪水供给，以夏季径流量最大；东亚西南山区河流的水源几乎全部靠冰川融水供给，以夏季径流量最大；中亚北部、北亚西南部和北部河流的水源主要或几乎全部靠雪水供给，以春季或夏季径流量最大。

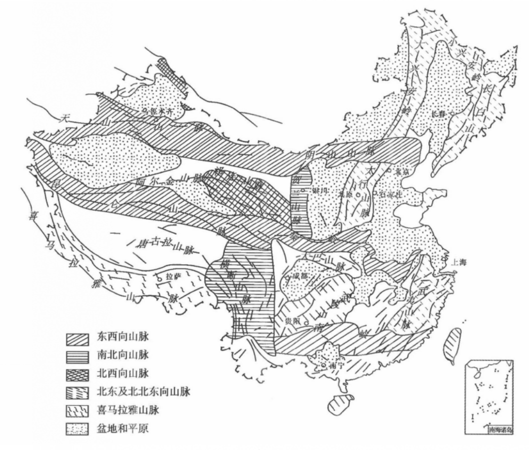


图 3-1　中国山系略图

4. 生物分布受地理环境控制

众所周知，决定生物（此处主要指植被）地理分布的主要因素是热量和水分。在地球表面，热量主要随纬度位置而变化，而水分则随着距海洋远近及大气环流和洋流特点而变化。水、热相结合的综合效应，导致我国植被的地理分布从南到北、从海洋向内陆方向呈带状发生有规律的更替。前者可称为纬度地带性，后者可称为经度地带性。此外，随着海拔高度的增加，植被分布也发生有规律的变化，出现按等高线分带的特点，称垂直地带性。

(二)亚洲地理环境分区

1. 东亚地区

东亚地区地理环境的特点是一系列北东、北北东向山脉隆起带与凹陷带或海盆相间排列。

朝鲜北部山地的山脉大多为东北—西南走向,系长白山脉的分支,主体太白山脉北起元山以南,循海岸向东南延伸达450 km,东坡陡峻,西坡平缓,海拔一般在1 km以下。沿海平原狭小,仅咸兴平原面积较大,为朝鲜东北部主要农业区。太白山脉西部,又分出许多东北—西南走向的低山,山间多河谷盆地。平原地区农业发达,交通便利,人口密集。

日本由于褶皱和断层作用剧烈,加之外力作用的长期侵蚀切割,地形显得十分破碎,海岸曲折多港湾。山地约占全国面积的76%。北海道和本州北部的山脉多为南北走向,四国和本州南部的山脉为东西走向,两者相汇于本州中部,称"中央山结",为全国地热最高地区,其中有著名的富士山。平原仅占全国面积的24%,大多零星分布在大河的下游和沿海地区。日本是一个多火山的国家,全境有火山200多座,其中活火山约占1/3,是太平洋西岩火山地震带的一部分。日本地震十分频繁,有"地震国"之称。

中国东部由走向北北东的一系列隆起和凹陷组成。我国北方自西向东依次为太行山隆起带、华北凹陷带、胶(胶东半岛)辽(辽东半岛)隆起带;在我国南方,自西向东依次为湘西隆起带、赣粤凹陷带、东南沿海及台湾隆起带。在一级及次级隆起与凹陷之间,经常有断裂发生。在新华夏系构造体系控制的范围内,是我国地震活动最强烈的地区之一。

该带从北向南穿经以下10个省份。

辽宁省,东西两侧为山地和丘陵,中部为辽河平原。辽东山地丘陵向南伸入黄海与渤海之间,形成辽东半岛。

河北省,高原和山地约占全省面积的3/5,太行山和燕山从西部和北部环抱着东南部的河北平原。矿物主要有煤、铁、海盐、铜等。

山东省,中山、低山和丘陵约占全省面积的3/5,鲁西、鲁北为华北平原的一部分。煤、石油、铁、铝土、金等矿产丰富。

江苏省,东濒黄海,地势低平,湖泊众多,水网密布。平原约占全省面积的60%。煤、磷、铁、铜等矿丰富。

浙江省,位于东海之滨,地形以丘陵、山地为主,地势自西南向东北倾斜,北部为杭嘉湖平原。沿海岛屿星罗棋布。矿产有明矾、煤、铁、铜、铅、锌、黄铁矿等。

安徽省,长江、淮河分别横贯本省南部和北部。淮河以北属华北平原,长江以南属皖南低山丘陵,江淮之间为丘陵;大别山绵亘于西部,黄山耸峙于南部。淮南和淮北煤矿是我国五大煤矿之一,马鞍山的铁矿和硫铁矿著名。

江西省,本省三面环山,北部为鄱阳湖平原,中部丘陵广布,盆地、河谷相间。赣南钨矿世界驰名,煤、铁、铜、铅、锌等矿物蕴藏丰富。

福建省,山地与丘陵占全省面积的90%以上,山脉走向多与海岸平行,为北东向。矿产主要有煤、铁、钼、锰、石墨等。

台湾省,东临太平洋,包括台湾岛、澎湖列岛、钓鱼岛、赤尾屿、兰屿、火烧岛等岛屿。东部山脉峻峭,山地约占全岛面积的2/3,西部为平原。自然资源丰富,以金、煤、石油、铜和硫黄最

有名。

广东省，地势北高南低，山地、丘陵、台地、平原都有。南岭和沿海山地有丰富的钨、锡、锑、煤等矿产。

菲律宾由 7000 多个大小岛屿组成，大体上都南北纵列。各岛多山，山地共占全国面积的四分之三以上；火山众多，地震频繁，构成太平洋西岸岛弧和火山带的一部分，地热资源丰富。除有少数较宽广的内陆平原外，仅沿海有零星分布的狭窄平原。

2. 南亚地区

该区位于南亚与东南亚。

印度西北部边境为高山区，属于喜马拉雅山脉的南坡，海拔高达 7 km 以上，中部为印度河—恒河平原区，海拔在 200 m 以下，南部德干高原构成印度半岛的主体，东、西高止山脉分列两侧，沿海有狭窄的平原，平均海拔 600 m。

孟加拉国境内几乎全属低平的冲积平原，河道纵横密布，土地肥沃，是主要的农业和渔业地区。

中国云南省和西藏自治区属于这个灾害区。云南省西北部为高山峡谷区；其余均为高原。西藏自治区地处“世界屋脊”——青藏高原西南部。北部为藏北高原，是青藏高原湖泊最多的地区；南部为藏南谷地和喜马拉雅山地；藏东为横断山脉高山峡谷区。

南亚巨灾事件多发区，过云南后转向南延伸，进入东南亚地区。

东南亚地区可以分为中南半岛和马来群岛两大部分。中南半岛面积约 200 万 km^2，约占东南亚总面积的 45%。地势大体北高南低，多山地、高原。山脉大体呈南北走向，西部最主要的山有那加山脉、阿拉干山脉，为我国喜马拉雅山脉向南的延续，并继续向南延伸，构成印度洋上的安达曼群岛、尼科巴群岛，印度尼西亚的苏门答腊岛、爪哇岛、苏拉威西岛以及菲律宾群岛，山势高峻巍峨；东部有越、老、柬边境南北绵延 1000 多 km 的长山山脉，山体东坡陡峭，紧逼南海，西坡缓斜，构成老挝境内的川圹高原、会芬高原、甘蒙高原、波罗芬高原，越南与柬埔寨之间的多乐高原；中部为我国横断山脉向南的延续，在缅甸境内山体较宽较高，成为东南亚面积最大的高原——掸邦高原，在泰国东部则有呵叻高原。平原多分布在东南部沿海地区，主要是大河流下游面积广大的冲积平原和三角洲，著名的有湄公河三角洲、伊洛瓦底江三角洲、红河三角洲、湄南河三角洲等。马来群岛，又叫南洋群岛，散布在印度洋和太平洋之间的广阔海域，包括 12000 多个大小岛屿，北起吕宋岛以北的巴坦群岛，南至罗地岛，西起苏门答腊岛，东至东南群岛，又分为大巽他、努沙登加拉、马鲁古、西南、东南、菲律宾等群岛，南北长约 3500 km，东西宽约 4500 km，陆地面积约 200 万 km^2，是世界上最大的岛群。这些岛屿大多山岭高峻，外临深海，有很多活火山，是太平洋西岸火山带的一部分，并经常发生地震。

3. 中纬度地区

中纬度地区有三条纬向构造带。

最北面的一条，为天山—阴山山脉，是内流水系与外流水系的分界线之一，也是蒙古高原的南部边界。其东延部分为辽河与滦河的分水岭，亦即东北平原与华北平原的分界线。其向西延，为天山山脉，是我国内陆水系与北冰洋水系的分水岭。

天山—阴山为一条纬向构造带，该带之北为准噶尔盆地和松辽盆地，是在古生代地槽褶皱系基础上发展起来的中、新生代地层沉积区。

中间的一条，为秦岭山脉，为长江与黄河两大水系的分水岭。其向西延为昆仑山脉，是我国内陆水系与印度洋水系的分水岭。

昆仑—秦岭为一条纬向构造带，它与天山—阴山带间的地带，发育有晚古生代陆相与海陆交互相地层及盆地型中、新生代厚层堆积物。主要的沉积盆地有塔里木盆地、鄂尔多斯盆地、华北平原等。

南面的一条，为南岭，是长江与珠江两大水系的分水岭。由南岭西延至云南境内，被走向南北的横断山脉所截断，太平洋水系与印度洋水系的分水岭似为走向近东西的唐古拉山脉。喜马拉雅山脉走向东西，为青藏高原的南缘，是雅鲁藏布江与恒河的分水岭。

南岭为一条纬向构造带。其与昆仑—秦岭带之间，有中、新生代巨厚沉积物。该带的南面为印度恒河谷地。

4. 中东地区

中东地区的沙特阿拉伯—俄罗斯贝加尔湖为一条北东向构造带，地貌特点是其东南部由一系列山脉组成的山地，西北部为沙漠、平原、盆地组成的高原。北段，东为萨彦岭和西天山，西为西西伯利亚平原、哈萨克丘陵、图兰平原和沙漠。中段为安纳托利亚—伊朗高原，高原两侧为高大的山脉，北侧有柯罗卢山脉、屈雷山脉、东黑海山脉、厄尔布尔士山脉；南侧有托罗斯山脉、扎格罗斯山脉、库赫鲁德山脉等。这些山脉在土耳其亚美尼亚地区汇集起来，把高原分为小亚细亚半岛上的安纳托利亚高原和伊朗境内的伊朗高原两部分。高原上有许多死火山，地面上广布火山喷发的熔岩流，还常发生地震。南段为阿拉伯高原，西部和南部边缘为高地和山脉，高原内部沙漠分布很广。从黎巴嫩到巴勒斯坦有一条南北向的陷落谷，称约旦陷落谷，是东非大裂谷的延续，谷底深陷，是世界上陆地最低的地方。安纳托利亚—伊朗高原与阿拉伯高原之间为美索不达米亚平原，包括伊拉克的大部分、叙利亚的东北部、伊朗的西南角和科威特的大部分。南美索不达米亚海拔在 200 m 以下，绝大部分地区海拔不足 100 m，地势低平，多沼泽，河流涨水时被洪水淹没；北美索不达米亚海拔 200～500 m，地表波状起伏，多草原。中东地区的主要河流有底格里斯河与幼发拉底河，两河下游相汇，称阿拉伯河，注入波斯湾。

（三）亚洲的气候环境与气候变化

1. 东亚地区

朝鲜属温带季风气候。南部海洋性气候特点显著，北部向大陆性气候过渡。冬季受大陆刮来的北风或西北风影响，寒冷干燥；夏季受海洋上吹来的东南风影响，高温多雨。全年降水量的三分之二集中于夏季，且多暴雨；春秋两季降水较少，年平均降水量多在 1000 mm 以下。最冷月（1 月）平均气温 −6～−20℃，极端最低气温可降至 −43℃，最热月（8 月）平均气温 20～24℃。

日本群岛四周临海，除东部海岸外，均被来自热带太平洋的暖流（黑潮）环绕，气候受到海洋的调节，形成较为温和湿润的海洋性季风气候，年平均降水量绝大部分地区为 1000～2000 mm。夏季盛行东南风，东部沿海 6—7 月阴雨连绵；冬季西北风由大陆经日本海刮来，天气寒冷，北部多降雪。日本南北延伸约 2400 km，各地气候的差异很大，大致在 35°N 以南属季风型亚热带森林气候；本州北部及北海道属季风型温带针叶林气候；其余广大地区属季风型温带阔叶林气候。每年 8—10 月，日本西部和南部常遭台风袭击，往往造成灾害。

中国阴山以北受极地冷气流的影响，是我国最寒冷的地方，年平均气温在 8℃以下，极端

最低气温为－60℃。大部分地区年降水量在400～800 mm之间，具有湿润气候的特征。

介于阴山与秦岭之间的区域，位于高空西风带南部，地面的高、低气压天气系统活动频繁，环流的季节性变化非常明显，表现出典型的暖温带大陆性季风气候特征。年平均气温8～12℃，年降水量一般在600～800 mm之间，年径流深度100～200 mm，在山麓地带常有日降水量超过50 mm的暴雨。

介于秦岭与南岭之间的区域，位于副热带高压带范围内，年平均气温12～20℃，气候湿润，年降水量一般在800～1600 mm之间。

南岭之南，包括台湾、云南南部，属高温多雨的热带一亚热带季风气候，年平均气温在20℃以上，降水量一般1400～2000 mm，许多地区大于2000 mm。

菲律宾属季风型热带雨林气候，受海洋影响较大。特点是温度高、降雨多、湿度大、多台风。除少数高山地区外，全国各地终年炎热。台风发源于菲律宾以东的太平洋洋面，经过菲律宾中部和北部，以每年7—11月最多，南部的棉兰老岛很少受到影响。

2. 南亚地区

南亚地处热带季风区。北部高山区属山地气候，恒河流域属季风型亚热带森林气候，德干高原及斯里兰卡北部属季风型热带草原气候，印度河平原属亚热带草原、沙漠气候，印度半岛的西南端、斯里兰卡南部和马尔代夫属热带雨林气候。大陆部分一年可分三季，即凉季(10月至次年2月)、暑季(3—6月)和雨季(7—9月)。位于印度西北部与巴基斯坦东南部的塔尔沙漠，面积约30万km^2，7月份平均气温达32℃以上，是亚洲最热的地区之一。

印度年平均降水量各地差别很大，以东北部阿萨姆邦降水量多，年平均降水量在4000 mm以上，乞拉朋齐可高达10824 mm，是世界上年平均降水量最多的地区之一。5—10月东部沿海常遭热带飓风侵袭，易造成严重风、水灾害。

孟加拉国除沿海平原属季风型热带草原气候外，其余地区属季风型亚热带森林气候，十分湿润。年平均降水量1800～3000 mm，孟加拉湾飓风常侵袭内地，造成灾害。

东南亚地跨赤道，北及28°N，最南到11°S，属热带地区，大部分地区受季风影响。马来半岛、马来群岛和缅甸沿海主要属热带雨林气候，年平均气温多在25～27℃，终年炎热多雨；赤道附近地区，各月平均降水量都在100 mm以上。中南半岛的北部属亚热带森林气候，中部属热带草原气候，年平均气温在20～27℃之间；由于降水量的季节变化，全年可以分为旱季和雨季，旱季还可以分为热季和凉季，大致11月至次年2月为凉季，3—4月为热季，5—10月为雨季，最热月出现在高温少雨的热季。中南半岛的内陆和山地背风坡，往往成为降水量少的干燥地区，缅甸中部是东南亚最显著的干燥区，年平均降水量在500～1000 mm之间。菲律宾以东的太平洋洋面是台风发源地，每年7—9月台风影响南海北部及北部湾一带，10—11月南移，影响越南南部。

3. 中纬度地区

随纬度的差异和距海的远近，其气候和生物分布状况存在很大差异，有明显的变化。

(1)东部纬向变化和纬向分区

中纬度地区从北向南明显地分为4个亚区。

东北亚区，位于阴山以北。由于纬度偏北和极地冷气流的影响，是我国最寒冷的地方，年平均气温在8℃以下，极端最低气温为－60℃。齐齐哈尔以北的地区，年平均气温在0℃以下。

东南季风可直扫区内，大部分地区年降水量在 400～800 mm 之间，具有湿润气候的特征。土壤以山地泰加林土、山地灰棕壤土、黑土、草甸土、沼泽土为主。该区周围群山环绕，有大片森林，北部大兴安岭主要为寒温带落叶针叶林，小兴安岭和长白山区为温带针阔叶混交林。中部为广阔的东北平原，为一年一季的春小麦和玉米、大豆、高粱等夏杂粮的种植区。

华北亚区，介于阴山与秦岭之间，位于高空西风带南部，地面的高、低气压天气系统活动频繁，环流的季节性变化非常明显，表现出典型的暖温带大陆性季风气候特征。太阳总辐射量大于 50.2416×10^8 J/(m^2 · a)，年平均气温 8～12℃，年降水量一般在 600～800 mm 之间，年径流深度 100～200 mm，在山麓地带常有日降水量超过 50 mm 的暴雨。土壤主要为褐土、沼泽土、盐土、绵土。该区兼具南北过渡类型的特点。农作物以冬小麦、玉米、谷、豆薯、棉花为主，而且是苹果、梨、桃等温带水果的主要产地。

华中、华东及西南亚区，介于秦岭与南岭之间，位于副热带高压带范围内，年平均气温12～20℃，气候湿润，年降水量一般在 800～1600 mm 之间，年径流深度一般在 200～1000 mm。该区自然植被以亚热带常绿阔叶林为主，农作物一年两熟，甚至一年三熟，是我国水稻、甘蔗、茶的主要产区，另外产小麦、花生、薯类、棉花等，并盛产亚热带水果。

华南亚区，位于南岭之南，包括台湾、云南南部，属高温多雨的热带—亚热带季风气候，年平均气温在 20℃以上，降水量一般 1400～2000 mm，许多地区大于 2000 mm，年径流深度一般在 1000 mm 以上，在台风季节常形成暴雨过程。土壤主要为红壤、砖红壤。天然植被除雨林外，有橡胶树、椰子、咖啡、油棕等经济林，农作物以双季稻、三季稻为主。

(2)西部纬向变化与纬向分区

中纬度地区西部约占我国陆地面积的 54%，为大陆性气候，受季风影响微弱，干旱少雨，不利乔木生长，为无林的旱生性草原和荒漠分布区。太阳总辐射量约在 58.6152×10^8 J/(m^2 · a)以上，年平均气温因地形高低悬殊而差别很大。年降水量在 400 mm 以下，昆仑山以北除天山和新疆西部边缘外，降水量大都在 25 mm 以下，昆仑山以南则大都在 25～400 mm 之间。除西藏南部边缘和新疆北部边缘外，大部为内流区。

根据纬度的不同大体以天山和昆仑山为界，分为 3 个亚区。

内蒙古—准噶尔亚区，位于天山—阴山以北，冬季风影响大，夏季风不易到达，冬季严寒而漫长，夏季温暖而短暂，降水少、变率大，风沙多，属温带干旱区。主要土壤从东到西为黑土、棕钙土、灰棕漠土、棕漠土。自然植被除天山有针阔叶混交林外，多为草原和荒漠、半荒漠。

塔里木—柴达木亚区，位于天山—昆仑山之间，该区深居内陆，周围山岭环绕，是我国大陆性气候最典型的地区。冬夏气温变化剧烈，日温差很大，属暖温带极端干旱区。降水量多在 100 mm 以下，有些地区不足 50 mm。河流属内陆水系，多咸水湖泊。主要土壤为黑钙土、灰漠土、沼泽土、盐土、风沙土。该区大部为荒漠、半荒漠，局部为草原。

青藏高原亚区，位于昆仑山以南，海拔高，日照充足，太阳辐射总量多在 6.7×10^9 J/(m^2 · a)以上，但气温低，三分之二的地区年平均气温在 0℃以下，属高寒半干旱区。降水量多在 100～600 mm。冰川与冻土发育。主要土壤为高山草原土、高山草甸土、高山寒漠土。植被以山地草原为主，农作物以青稞为主。

4. 中东地区

中东气候特点是干燥和大陆性强烈。高原内部由于干旱，有广泛的沙漠分布。地中海、黑

海沿岸和西北部山地属亚热带地中海式气候；安纳托利亚—伊朗高原属亚热带草原和沙漠气候；阿拉伯半岛大部分属热带沙漠气候。中东最热月（内陆为7月，沿海为8月）平均气温在23～36℃之间，巴勒斯坦约旦河谷中的提拉特兹维极端最高气温曾达54℃，为亚洲最热的地点，伊拉克的巴士拉极端最高气温也曾达52℃；西部和北部沿海地区气温较内陆稍低，但由于湿度较大，显得闷热。最冷月（1月）平均气温由北部向南逐渐升高，沿海较内陆高，安卡拉附近－2℃左右，贝鲁特13℃左右，亚丁附近高达26℃左右。中东地区降水较少。西部沿海地区和山地较多，年平均降水量达500～1000 mm。内陆降水稀少，西北部安纳托利亚高原的大部分地区年平均降水量为250～400 mm；东北部伊朗高原年平均降水量低到100 mm左右；阿拉伯高原是世界上降水量最少的地区之一，年平均降水量低到50～100 mm以下。沿海地区降水以10月至次年5月较集中，内陆降水时间较沿海地区为迟。中东大部分地区冬季有时刮干旱的热风，这种风来源于中东南部和北非的热带气团，常使气温在几小时内上升16～22℃以上，给农作物生长及居民生活带来严重危害。东北部地区，冬季还受到亚欧大陆内部吹来的冷空气的影响。

（四）亚洲地貌变化与生态环境分区

依据地貌资料，在挽近构造体系的基础上隐约可以看出，现代在地球表层还发育了一些规模和影响范围很大的纬向、经向、北东向和北西向隆起和凹陷。虽然现在还没有足够的资料称其为更新构造体系，但它们的存在对气候、水文、土壤、生物的分布确实起了重要的控制作用，是重要的致灾环境[16]。

1. 纬向地貌隆起带和凹陷带

地球上有许多大大小小的现代纬向隆起带，如中国阴山—天山、秦岭—昆仑、南岭带；非洲在20°N，10°N，10°S，30°S左右出现的纬向地貌隆起带和澳大利亚在22°S，40°S左右出现的纬向隆起带等。其中，对亚洲生态环境和自然灾害分布影响较大的巨型隆起带有两条。

第一条，在亚欧大陆43°—55°N间大体沿50°N线延伸，包括蒙古高原、哈萨克丘陵、土尔盖高原、伏尔加丘陵、沃林高原、洛林高原等。这一隆起带是北冰洋水系与地中海水系、印度洋水系、太平洋水系的分水岭。

第二条，大体沿北回归线延伸，在非洲大陆介于15°—25°N间，包括撒哈拉大沙漠的塔奈兹鲁夫特高原、伊福拉斯高原、阿哈加尔高原、贾多高原、大吉勒夫高原等。除尼罗河外这一隆起带北侧河流都北流入地中海，南侧河流则大多南流入大西洋，也为一东西向分水岭。印度中部萨特普拉山脉与迈思巴德丘陵走向东西，是恒河与戈达瓦里河分水岭。

巨型纬向地貌隆起带共同的特点是地势较高，但起伏较小，降水量较小，许多地区年降水量都在100 mm以下，气候干燥，多为沙漠气候、冬干气候。植被以草原为主，部分森林。土壤为草原土壤、棕钙土、黑钙土、草原栗钙土。大片土地难以利用，牧业为主，少量农业区主要集中在边缘或西部盆地区。

介于纬向地貌隆起带之间的是地貌凹陷带。一般为平原和盆地，河川纵横，湖泊广布。世界上规模最大的纬向地貌凹陷带有两条：第一条大体沿赤道伸展；第二条纬向凹陷带大体沿30°—40°N延伸。其间，亚洲25°—43°N间、欧洲30°—47°N间为一构造极为强烈地区，发育了阴山—天山、秦岭—昆仑、南岭—喜马拉雅山—阿尔卑山三条近东西向构造带，山高、沟深，地

貌形态极为复杂。但宏观来看，这一带中、新生代地层很厚，地中海、黑海、里海、咸海、巴尔喀什湖、青海湖等群集其中，河网密布，低地平原很多，实为一典型凹陷型地貌带。年降水量、日平均气温、地形地区差别很大，但都呈东西或近东西带状分布，与构造基本一致。气候温和，多属冬干或夏干气候区，部分为常湿气候或沙漠气候。土壤在中段以热带与亚热带土壤为主；在东段，亚洲东部受北东向构造影响，从南向北出现北东分布的砖红壤性土、棕钙土、草原栗钙土；西段在欧洲为棕钙土。这一带是欧亚农业最发达的地区，农产品极为丰富，所产稻谷占世界稻谷总产量的 30%左右，黄麻占 70%以上，茶叶约占 43%，花生、芝麻、油菜籽均占 35%左右，甘蔗约占 24%。棉花、天然橡胶、小麦和椰子等的产量也在世界上占重要地位。南亚是芒果、蓖麻、茄子、香蕉、印度甘蔗、莲藕等栽培植物的原产地。

综上所述，宏观上在巨型纬向隆起带控制的范围内，生态环境较差，农业欠发达，人口较稀少；而在巨型纬向凹陷带控制的范围内，生态环境较好，农牧业发达，农产品极为丰富，也是石油蕴藏最丰富的地区，人口最为密集。

2. 北东向地貌隆起带与凹陷带

亚洲最显著的现代北东向地貌隆起带出现在欧亚大陆东部。最大的一条，从巴基斯坦与阿富汗开始向东北过中、哈边境，直达西伯利亚的阿尔丹东北，由一系列呈雁行排列的近东西向山岭和盆地组成，构成一明显的北东向隆起带，海拔 3000 m 以上。这一隆起带的西北侧为图兰平原、巴尔喀什湖、巴拉宾草原构成的凹陷，东南侧为塔里木盆地、准噶尔盆地、哈尔乌苏湖构成的凹陷。

由于这一北东向巨型隆起带与凹陷带的出现，改变了亚洲生态环境东西向分布的格局。在此北东向隆起带西北侧出现了一条年降水量 500～1000 m 的北东向高降水量带，而在北东向隆起带东南侧则出现了一条年降水量在 100 mm 以下的低降水量带，致使东西展布的沙漠气候带之间打开了一条北东向的缺口，出现了一条北东向的夏干及冬干海洋气候带，在东西向分布的热带和亚热带土壤带中，出现了一条北东向的高山土壤。由于自然环境的改变，这一北东向隆起构造带及其西北侧凹陷带，成为一条农牧业发达、人口较多的地带，出产棉花、烟草、稻米、蚕丝和葡萄、豌豆、蚕豆、苹果，是胡萝卜、甜瓜、洋葱、菠菜、苜蓿、椰枣等栽培植物和阿拉伯骆驼、阿拉伯马、安哥拉山羊、安哥拉兔等著名畜种的原产地。

沿北东向构造带也是石油、天然气和煤资源丰富的地带，其他矿产如铬、磷酸盐、铜、铁、锰、溴、锡、铅、锌、钨、钼、金、汞、硫黄、石墨、盐、石棉、云母等也较丰富。

第二条北东向地貌带出现在亚洲东部，由一系列走向北东—北北东的隆起和凹陷组成。由于这一地貌带和太平洋的共同影响，使降雨带、气温等值线都作北东向展布，由东南向西北降水量由 2000～1000 mm 降为 500 mm，气温逐步降低，由海洋性气候逐步过渡为大陆性气候，土壤也从砖红壤土、棕钙土过渡为黑钙土。这一带石油、天然气和煤储量丰富，金、钨、锰、铬、钛、镍、铁、铅、锌、铜、石墨、菱镁矿、独居石、云母、萤石、铝土矿等都很丰富。

东亚是亚洲农业最发达的地区，各种农牧产品均很丰富，所产稻谷占世界稻谷总产量 40%以上，茶叶占世界总产量 25%以上，大豆占 20%。棉花、花生、玉米、甘蔗、芝麻、油菜籽、蚕丝等的产量在世界上占重要地位。是稻、薯蓣、糜子、荞麦、大豆、苎麻、茶、油桐、漆树、柑橘、桂圆、荔枝、人参等栽培植物的原产地。东亚也是世界人口最密集的地区之一。

3. 北西向的地貌隆起带和凹陷带

现代北西向地貌隆起带规模较小，大都属于巨型山字型的西翼，如欧亚山字型的西翼——高加索山脉，伊朗山字型的西翼——扎格罗斯山脉，托罗斯弧西翼——狄那里克阿尔卑斯山，祁吕贺山字型西翼——祁连山等。由于这些北西向高山和两侧谷地的影响，改变了气候带和土壤带的局部走向，这些地区都是石油、天然气丰富和农业相对发达的地区，人口也较多。

4. 歹字型或反 S 型地貌隆起带

需要指出，地球上除与地球坐标系东西、南北、东北、西北直接相关的地貌隆起带与凹陷带外，还有两个巨大的现代歹字型或反 S 形地貌隆起带。一个在亚洲南部，包括围绕帕米尔高原北侧的弧形山脉，喜马拉雅山脉、他念他翁山脉、马来半岛、苏门答腊岛、爪哇岛等，成为太平洋水系与印度洋水系的分界。另一个在美洲，包括阿拉斯加山脉，喀斯喀特山脉、西马德雷山脉、马德雷山脉至巴拿马，它与近南北向隆起带复合在一起成为太平洋与大西洋的分界。这两个反 S 形构造带是世界上地震最强烈的地带之一，也对气候和生态环境变化起了重要的控制作用。

该带主要矿产有煤、天然气、石油、铁、锰、铬、钛、菱镁矿、铍、锆、独居石、云母、萤石、铝土矿和金等。东南亚是柠檬、黄麻、丁香、豆蔻、胡椒、香蕉、槟榔、木菠萝、马尼拉麻(蕉麻)等热带栽培植物的原产地。

第二节　亚洲主要自然灾害的空间分布规律

一、亚洲主要自然灾害的分布

(一)构造活动与亚洲大陆地震的分布和特点[17]

1. 大陆地震分布的特点

大陆地震所造成的死亡人数占全球地震灾害死亡人数的 86%，是地震灾害的主要灾源，因此也是研究的重点。大陆地震系的分布有如下六个特点。

(1)集中在北半球，沿纬向环带展布

7 级以上的大陆强震集中发生在 20°— 50°N 之间的地带，横贯亚欧大陆。

(2)三个地震集中区的东、西半区呈现反对称的地震活动

根据地震分布的格局、活动及其与地壳构造的关系等，可将大陆地震环带分成 3 个地震区，即中蒙地震区、伊阿巴(伊朗、阿富汗、巴基斯坦)地震区、东地中海地震区和北美地震区。各地震区中部都有一条经向中轴构造带，以此为界分为东、西两个半区。西半区都是近 10 倍于东半区的高密度地震区，而且主要的地震构造方向都是北西向的；相反，东半区都是少震区，地震构造方向都是北东向的。因此可以说，西、东两个半区的地震活动呈反对称关系(图 3-2)。

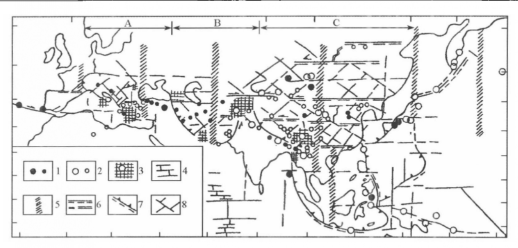


图 3-2　欧亚大陆地震构造纲要图

A—地中海地震区；B—伊阿巴地震区；C—中蒙地震区；1—地球转速减慢年的浅震震中，大实心点为 8 级地震，小实心点为 7 级地震；2—地球转速加快年的浅震震中，大圆为 8 级地震，小圆为 7 级地震；3—中深震发育地区；4—洋中脊构造带；5—经向构造带；6—纬向构造带；7—弧形（地壳俯冲）构造带；8—斜向（交叉）构造带

西半区内地震构造带上发生的强震多表现为左旋错动，东半区内东西向地震构造带上的地震则多表现为右旋错动。

（3）震源浅，似成层分布

大陆地震绝大多数是浅源地震，基本上都是在陆壳以内发生的，主要集中在地壳中部，或主要在中地壳内发生。就中国大陆来说，83％的 6 级以上地震发生在 10～25 km深度内，尤其在中地壳的上、下界面附近地震最为集中，如唐山地震序列中的主地震深 12 km，而有些强余震则发生在 20 余 km 深处。

（4）震源机制比较一致，以水平力为主

通过对中国大陆震源机制的研究结果、震时地面破裂的错动状况及地震前后形变观测资料的比较，三者的结论是一致的，说明中国大陆地震以呈现水平错动为主，反映了大区域受水平力作用的基本状况。亚欧大陆其他地区以及北美大陆所发生的地震情况也基本如此。

（5）震源密集成带，交织成网

大陆区的震中分布粗看散漫成片，但随着区域台网布站量的增多和震中测定精度的提高，亚、欧、美各大陆近年的震中分布图都显示出震中密集成带、交织成网的现象。马宗晋把地震沿一定方向排列并显示某种迁移规律，而且有过一定重复的地震密集带叫做地震线。地震线的分布具有定向规律和似等间距现象。地震线的走向主要是北西向和北东向、东西向和南北向，受活动性断裂构造控制。

（6）震中分布受构造体系或一定方向的构造带控制

震中的分布大都有一定的方向性，纬向构造体系、经向构造体系、旋扭构造体系、棋盘格式构造体系，以及新华夏系、河西系、歹字型等构造体系，对中国地震的分布和地震分区起了一定的控制作用。在全球地震分布图上也可看出，纬向构造、经向构造和扭动构造、弧形构造对地震分布的控制作用（图 3-3）。

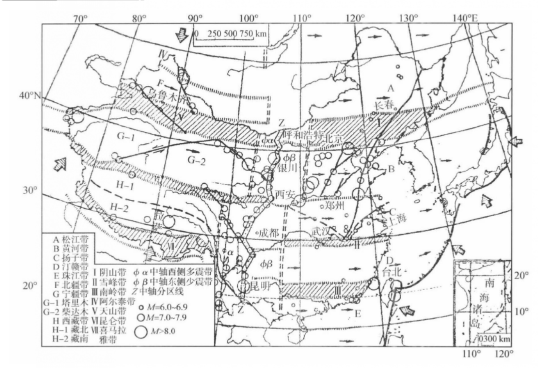


图 3-3　中国大陆地震分区

2. 地震巨灾损失

亚洲地震主要分布在环太平洋地区和地中海--南亚地区。这些地区人口密度较大，经济相对比较发达(表 3-1)，因此当发生大震时，容易形成巨灾。

表 3-1　地震巨灾所处的地区人口、经济状况一览表

地震名称	人口	经济
宁夏海原地震	甘肃省中部渭河以北的人口稠密地区	经济落后，1920 年中国还处于北洋军阀统治之下，这时距腐朽的清王朝覆没也不过 9 年，国家千疮百孔，极端贫弱，西北地区人民生活更加困苦，经济、文化都十分落后
日本关东	以日本东京--横滨为中心的广阔都市地带，人口稠密，经济发达	
唐山地震	人口稠密	重要的重工业城市、交通枢纽、近首都的特殊区位
阪神地震	震灾最严重的商业港口城市——神户约有 150 万人口，地震造成的伤亡人数为 3 万多人，约占全部受灾人数的 2%，其中死亡 5000 多人，约占 0.35%，应当说比例是相当低的	这次地震殃及日本第二大经济圈阪神地区。大阪、神户一带是日本重要的工业基地之一，经济发达。神户港是亚洲最大的港口之一。包括神户市在内的兵库县是日本重要工业生产基地之一，这里集中了神户制铁、川崎制铁、三菱重工、本田汽车等一批具有代表性的日本重工制造业。素有国际都市之称的神户市更是华侨较为集中的地方
伊兹米特地震	稠密	发达，人口约一百万的伊兹米特市是土耳其重要的工业中心，许多外国汽车、石化和机械公司在此设厂，包括本田、丰田、现代、固特异和曼尼斯曼等厂商。其年产值占全国国民生产总值的 37%，税收收入占全国的 57%

续表

地震名称	人口	经济
台湾集集地震	稠密	经济比较发达
印度古吉拉特邦	古吉拉特邦位于印度的西部，西北与巴基斯坦接壤，面积 19.6 万 km^2，人口 4800 万，人口密度 245 人/km^2，与我国的江西省（人口密度为 249 人/km^2）相当；海岸线长达 1600 多千米有 40 多个港口，首府艾哈迈德达巴德人口 500 万(含郊区)	该邦是印度第二个经济发达地区，主要工业有宝石加工、纺织、化工和医药等，一些著名跨国公司在这里投资建厂。库奇地区的地震灾区内有大约 500 多个村庄，有一条铁路，没有国家级高速公路，通过地方公路连接城镇和村庄。这次地震的震级与我国 1976 年的唐山地震相当，震源深度也相当，均为 22 km，因此破坏性极大。幸运的是，震中地区最大的城市普杰市只有 15 万人口，另外有几个有数万人口的小城镇，避开了人口集中的大城市
伊朗巴姆地震	震区人口密度高极震区巴姆是一座旅游城市，此次死亡人数较大的地区主要位于人口密度相对较高的老城区，据说有约 8 万人口居住在老城区	
印度洋地震海啸	震中为无人居住的海洋，故地震本身造成的伤亡不多。但地震产生的海啸袭击了几百、几千千米外不设防的海岸带，人口密集，故灾害严重	
巴基斯坦地震	人口相对稠密	
汶川地震	人口相对稠密，经济相对比较发达的沿山经济带	

据统计资料，死亡人数和直接经济损失的分布如图 3-4 与图 3-5。

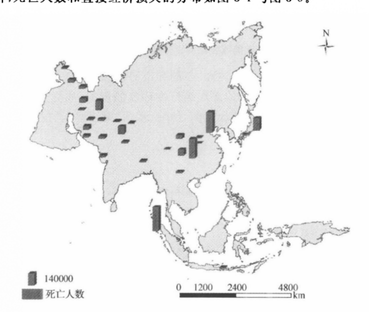


图 3-4　亚洲地震巨灾死亡人数空间格局

(二)海水运动与海洋灾害的分布规律

从《全球洋流与强热带风暴分布图》[18]可以看出，北半球太平洋环流与大西洋环流的核心，太平洋强热带风暴与大西洋强热带风暴的多发区，都恰好位于 30°N 左右，与大陆秦岭—昆仑纬向构造带遥相对应；南半球大西洋环流、太平洋环流与印度洋环流的核心，及南太平洋强热带风暴、印度洋强热带风暴的多发区，都恰好位于 30°S 左右，也与非洲大陆的纬向构造带

相对应。

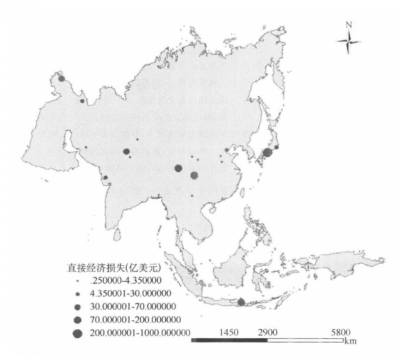


图 3-5　亚洲地震巨灾直接经济损失空间格局

亚洲东部受到太平洋北赤道海流、黄潮、亲潮和南海次级海洋环流的影响；亚洲南部受到印度洋反赤道海流在孟加拉湾和阿拉伯海次级海洋环流的影响，成为热带风暴多发区。在这种形势下，中国、日本、菲律宾、印度、孟加拉国、缅甸、泰国、柬埔寨、老挝、越南、马来西亚、印度尼西亚等国成为海洋灾害最严重的国家。

1. 亚洲热带气旋巨灾的空间分布

亚洲热带气旋灾害主要发生在西太平洋和孟加拉湾(图 1-8，图 3-11)。值得注意的是 1970 年以来，死亡万人以上的亚洲热带气旋巨灾共发生 8 次，空间上集中在孟加拉国和印度两国沿岸地带。

热带气旋在北大西洋、印度洋海面上发育，特殊的地理位置使得孟加拉湾成为热带气旋孕育的场所，强风、暴雨、风暴潮同时侵袭沿岸地区，造成大规模的人员伤亡。临近孟加拉湾的孟加拉国、印度既是热带气旋灾害高发区，同样也是重灾区。特别是 1991 年发生在孟加拉国、1999 年发生在印度的巨灾，是历次巨灾之最。前者为孟加拉国近 20 年来最强烈的气旋风暴，持续达 8 个多小时，气旋中心最大风速达 65.3 m/s，中心最低气压 952 hPa，强风激起 6～7 m 高的海浪，造成 17.8 亿美元的经济损失。后者是印度孟加拉湾地区近 30 年来最严重的热带气旋灾害，狂风掀起的巨浪高达 10 m，许多城镇和村庄被洪水包围，损失高达 25 亿美元。

从历次灾害损失记录来看，孟加拉国因灾死亡人口要比印度严重得多，如图 3-6 和图 3-7 所示。其原因首先是，孟加拉国所处地理位置、国内三条主要河流形成的冲积平原，具有发生巨灾的基础条件；其次，孟加拉国经济基础薄弱，抵御灾害能力有限。

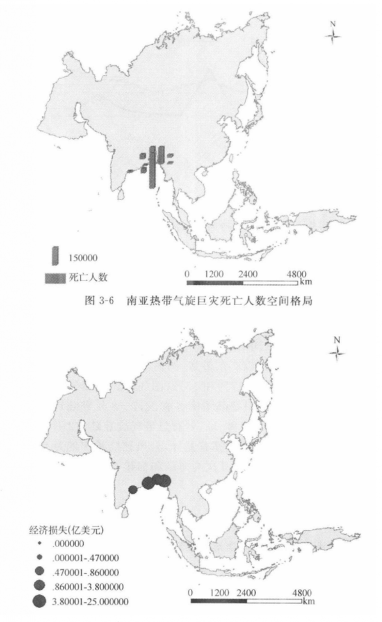


图 3-6　南亚热带气旋巨灾死亡人数空间格局

图 3-7　南亚热带气旋巨灾直接经济损失空间格局

2. 亚洲热带气旋巨灾的时间分布

1942—1999 年亚洲共发生 10 次热带气旋巨灾，每十年平均发生 2 次（图 3-8）。1942—1965 年的 4 次热带风暴灾害死亡人数呈减少趋势，经历 1970 年的巨灾后，1977—1985 年间的 3 次灾害人员死亡又呈增加趋势。

其中最严重的都发生在孟加拉国。1970 年 11 月发生在孟加拉国的热带气旋灾害是亚洲此类巨灾中人员伤亡最为惨重的一次，气旋中心最大风速 240 km/h，掀起 15 m 高的海浪，30 万人在这次灾难中丧生。20 年后，1991 年 4 月 29 日发生在孟加拉国的热带气旋灾害造成

13.9 万人丧生。

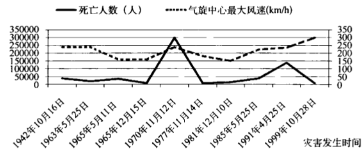


图 3-8 亚洲 10 次热带气旋巨灾死亡人数的时间演变曲线

我国分为三个海洋灾害区：渤海和黄海海域、东海海域（包括台湾海峡、巴士海峡和台湾以东海域）、南海海域。其中，东海海域海洋灾害最严重，台风风暴潮、海浪、海啸、赤潮灾害约占全部海区的 54%；渤海和黄海海域海洋灾害种类最多，除台风风暴潮、海浪、海啸、赤潮外，还有其他海域所没有的温带风暴潮和海冰灾害，各种灾害约占全部海区的 18%；南海区域最辽阔，各种海洋灾害约占全部海区的 28%，主要分布在 12°N 以北地区，以南地区较少。

我国是世界上受热带气旋影响最严重的国家之一。热带气旋登陆地点几乎遍及我国沿海，但有明显区域差异。近 50 年来，华南（桂、粤、琼、闽、台）沿海是热带气旋集中登陆地区，次数约占全国登陆总数的 90%，其中又以广东最多，约占全国总登陆次数的 33%；其次是台湾，约占 20%；再次为海南和福建，分别占 17% 和 16%（图 3-9）。热带气旋的登陆地点因季节的不同亦有较大变化，5—6 月热带气旋只登陆华南各省区；7—8 月登陆地点扩大到其他沿海地区；9—10 月主要为长江口以南；11 月仅粤、琼、台有热带气旋登陆；12 月仅广东有热带气旋登陆。不同强度的热带气旋的主要影响区域亦有差异，台风登陆最多的是台湾，其次为广东；强热带风暴和热带风暴登陆最多的是广东，其次为海南和福建[21]。

（三）气候变化与主要气象灾害的分布

亚洲南北跨越 80 余个纬度，从赤道到北极，温度相差悬殊；东临太平洋，南毗印度洋，两大水蒸气的主要来源，使亚洲降水丰富，而西部内陆距离海洋遥远，非常干燥。如此极端变化，使亚洲气象灾害非常严重。暴雨区主要分布在东南亚和濒太平洋地带，干旱区集中在中东和西北地区。气象灾害分布具有显著的纬向地带性。

各类自然灾害的分布都有地带性和方向性的特点。地球上第一条巨大的灾害带为北半球中纬度灾害带。在 20°—40°N 之间，集中出现了地震、热带气旋、风暴潮、风暴海浪、飓风和龙卷风等灾害。同时，这一带也是干旱、洪涝、低温冷害、雪灾、地质灾害及农业生物灾害最为严重的地带。地球上第二条巨大的灾害带为环太平洋灾害带。这是世界上地震、火山、热带气旋、风暴潮灾害最为集中的地带，干旱、洪涝、低温冷冻害、雪灾、地质灾害和农业生物灾害也非常严重。据统计，20 世纪全世界约 80% 的大灾发生在这两个地带。中国恰巧位于这两条灾害带交汇的部位。

全球大多数气象灾害与海洋灾害主要分布在 60°N 与 50°S 之间的范围内，特别是 20°—45°N。从全球降水纬度分布的特征（图 2.6）与强震活动水平随纬度变化的事实，及大陆纬向构造带和洋流及强热带风暴、多雨区的纬向分布来看，显然地球自转的动力场对气象灾害与海洋灾害的分布起着主要的控制作用。

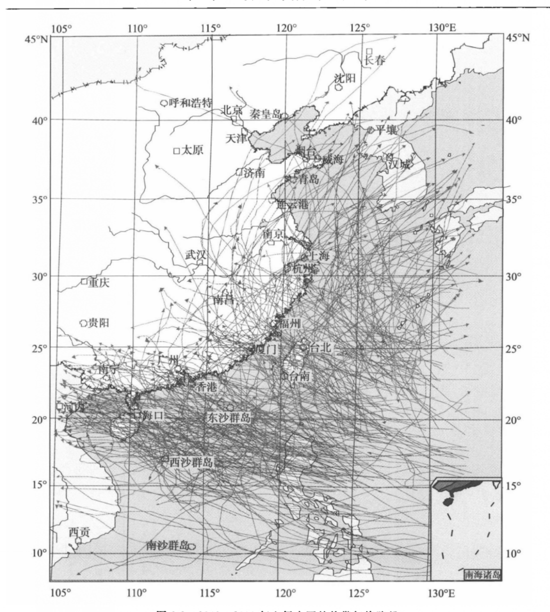


图 3-9　1949—2000 年入侵中国的热带气旋路径

在中低纬度范围内，大洋的西缘或大陆的东部及向赤道部分，是气象灾害与海洋灾害最集中的地区((彩)图 3-10)；而在中高纬度范围内大洋的东缘或大陆的西部，则是低温冷害较多的地区。

气象灾害主要是由水圈和气圈的异常运动引起的，因此主要受大气运动场和海洋运动场的控制。由于地下的放热、放气及构造运动引起的地形地貌作为下垫面也影响了局部性的大气和海洋之活动，因此气象灾害与海洋灾害的分布，在一些地区也受着活动性构造体系的间接制约或影响。

在大陆上，经向或北东、北北东、北西、北北西向山脉的东侧，气象灾害较多。在海洋中赤道东风带与南北西风带与走向近南北的海流交汇的地区，海洋灾害较多。

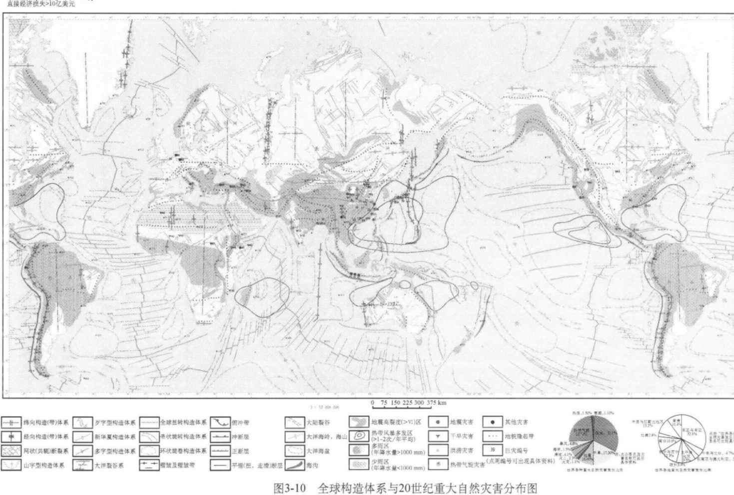


图3-10　全球构造体系与20世纪重大自然灾害分布图

由于自然与人为的共同作用，地球表面形态发生变化，因此不仅直接控制了许多自然灾害，如洪涝灾害、地质灾害的分布，而且作为下垫面也影响了天气系统和水文系统。地貌形变在自然灾害形成与分布中起着重要作用，一般说在下降区洪涝灾害加重，在上升区山地灾害加重，在升降交界的地带地震及地质灾害严重。

地质灾害的分布分两种类型，一是火山及其次生灾害，其分布严格受活动性构造体系控制，亚洲火山最多的地区是印度尼西亚、日本—菲律宾列岛，特提斯—喜马拉雅构造带；二是崩塌、滑坡、泥石流、地面沉降、地面塌陷、地裂缝等地质灾害，它们的形成受构造活动性、地形、地貌、岩土体性质、降水量与水文条件、植被及人类活动等多种因素所控制。由于地形地貌、降水带与水文系统、植被的分布，也受到地质构造的制约，因此宏观上看，地质灾害的分布也是受活动性构造体系所控制的。

二、亚洲巨灾事件多发区的划分

初步估计，亚洲巨灾事件发生数目约占世界巨灾的 30%，死亡人数约占世界的 50%以上。其中，影响最大的灾害是地震、热带气旋、洪水和干旱，都是社会影响大而深远的灾害，因此亚洲是世界巨灾事件的多发区。亚洲巨灾的严重性与亚洲所处的自然环境是分不开的。

亚洲处于世界最大的地中海—喜马拉雅地震带和环太平洋地震带交汇部位，强烈的地震带影响南亚、东南亚、中国和环太平洋诸国。

亚洲大部分国家，共同受着极地高压、蒙古气旋、西风带、西太平洋副热带高压、赤道东风带、南海高压等天气系统和北太平洋海洋环流及厄尔尼诺现象和拉尼娜现象的共同控制。天气多变，是世界热带气旋、干旱、洪涝灾害最严重的地区。

热带气旋发生于西太平洋。热带气旋的平均路径在菲律宾一带往往分为两支，一支环太平洋西岸向北，然后再向东北移动，影响中国、韩国、日本；另一支从南海向西移动，影响亚洲南部大部分国家。

洪水分布范围与热带气旋影响的范围基本一致。中国和东亚、南亚诸国是蒙受洪水灾害最深重的国家。

旱灾的影响不只在中国、北亚、西亚，受厄尔尼诺的影响，东南亚各国及印度也是旱灾严重的国家。

自然灾害的发生和影响是不分国界的。亚洲各国由于自然环境的联系性，常常遭受共同的灾害或灾害链影响。

（一）巨灾事件多发区划分的主要依据

自然灾害分区的意见颇多，但过去大都是分门别类进行的。20 世纪五六十年代，欧美国家以先进的科学技术方法，包括许多探测技术，取得了大量的全球性实际资料和信息，有力地证明了岩石圈以水平方向为主的运动形态，从而兴起了板块学说。板块学说将板块与板块前缘的俯冲带、后缘的扩张带，侧缘的转换断层看作一个整体，用板块的水平运动进行解释，并系统阐明板块边缘的褶皱、断裂、地层沉积、岩浆活动、地震的形成机制等。不论它们的形态，不论它们的运动方式，也不论它们的学科属性，而是用一个统一的运动过程加以概括，对这一范畴各种地质现象的认识显然是具有系统论的特色。我们相信，如果板块学说按着系统整体观的要求继续扩大它的视野和研究领域，一定会找到解决全球构造成因问题的道路。但令人遗

憾的是，一方面由于缺少进一步深入的资料；另一方面由于习惯于单元论的认识方式，大地构造学研究的理论进程在从固定论向活动论迈出了一大步以后，相当一部分工作似乎又沿着传统大地构造学的方法，回到对构造单元的逐个"原子"进行描述的老路，尽管仔细研究每一个单元子系统也是非常必要的，但热衷于将板块越划越小，以致使推论其动力作用所勾画的对流系统紊乱、随意到令人难以相信的程度。

现在世界上大多数人都用板块观点解释地震的成因，同时认为，周边板块的挤压、板内局部地幔对流和活动地块相互作用是中国大陆地震的动力源。但是，在地震预测的实践中，如何应用板块理论去预测地震发生的时间、地点；如何对板内地震的发生提出科学性、规律性的解释，似乎已成为难以攻克的难题。我们认为，板块控震的理论存在根本性的问题。如果认为地震活动是由板块运动引起的，那么只注重板块的碰撞作用引发地震显然是不够的，因为板块作为一个整体运动时，首先是引张区（如海岭）的拉开，然后是两侧转换断层发生，之后才是汇集区（如海沟）的板块俯冲和碰撞。因此，理论上只有板块活动的引张区、扭断区、碰撞区的地震活动的总体，才能构成一个完整的地震活动系列，不能孤立地看待地震发生的个例，进行现象论的解释，应该对板块构造各个部分的发震情况进行综合调研和系统分析。

对于更为深远的问题，诸如全球板块的运动协调问题；主动型和被动型大陆边缘的起因问题；板块、板条、断块等大大小小岩石圈块体在几何学、运动学、动力学和球坐标系的统一关系问题；岩石圈块体稳定与非稳定性运动的动力机制问题；岩石圈、地幔、地核等分层非均一运动的耦合关系问题；地球整体的对称与反对称的对立统一问题；地球的行星性行为的检出与行星比较问题等，这些理论性的思维尽管是部分地超前于资料的现实，但这确是板块理论体系所必须探索与追求的，否则很难真正认识地震的分布规律，更难以据此进行地震预测。

将区域构造与全球构造、全球构造与全球运动第一个有机地结合在一起的是我国卓越的科学家李四光。他在进行大量野外观测和实验工作之后认为，地壳上层构造形迹都不是孤立存在的。他将一场一定方式的地壳运动所产生的一切具有成生联系的构造形迹看作一个整体，称为构造体系。一个构造体系就是一幅应变图像，反映出了动力作用的方式和方向。它们尺度的大小，是受全球统一应力场及其不同级别和不同层次的半球级、区域级以及局地级地应力场所控制的，它们属于全球构造系统的不同层次和级别的子系统。

亚洲大陆横跨欧亚板块、太平洋板块、印度洋板块，是特提斯—喜马拉雅构造带与西太平洋边缘构造带交汇部位，水平运动强烈，纬向构造系列、经向构造系列、北东向构造系列、北西向构造系列、棋盘格式构造系列及扭动构造系列特别发育，因此是世界上地震最多的地区。

每一个构造系列由若干构造体系组成；每一个构造体系又包含若干构造序列的结构面；构造带或结构面之间是构造变形比较微弱的地块。构造带是地震集中出现的地带。

洋底扩张带和板块的碰撞带（俯冲带）控制了地震、火山的分布。如果板块边缘的地震是由于板块之间的相对运动而产生的话，那么在海岭处的地震应属张力地震，转换断层处的地震属剪切力地震，海沟处的地震应属压力地震。这一推想已为地震机制解释计算出的应力作用方向所证实。洋底地震主要沿海岭和海沟分布，这一特点在世界地震分布图上是一目了然的（（彩）图 3-11）。

由此可以系统说明地震的分布规律，并且可以应用地壳运动整体观的思想方法进行地震预测。

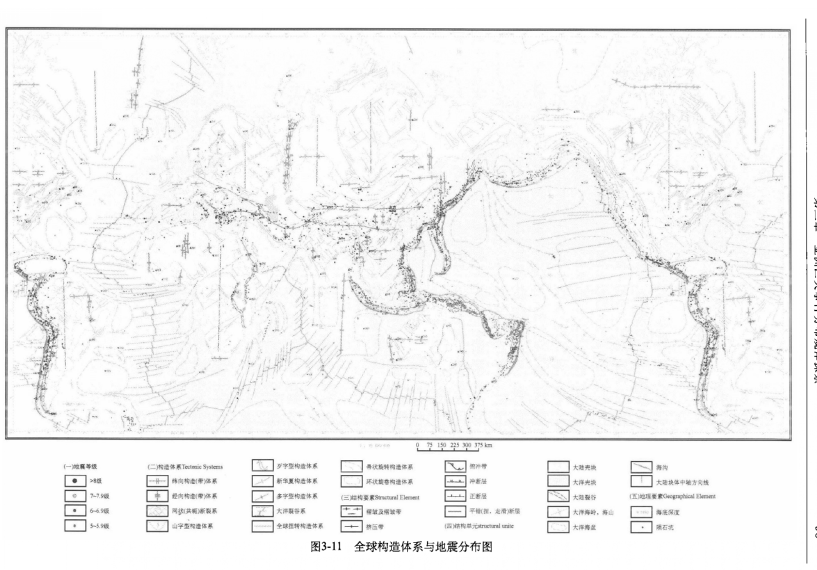


图3-11　全球构造体系与地震分布图

综上所述，自然灾变在亚洲的空间分布显然受地质构造系统、天气系统、海洋系统的控制。在大陆上，山脉控制了自然灾变综合分区的格局，隆起地带是山地地质灾变、地震、水土流失、森林灾变、暴雨集中的地带；介于其间的广阔盆地和平原则是洪涝、干旱、平原地质灾害和农业灾变最集中的地区；两者之间为地震最活跃的地带。在海洋中，厄尔尼诺主要发生在赤道地带，台风主要发生在赤道两侧，在海陆交汇地区由于复杂的海气循环与反馈作用，是海洋气象灾变最严重的地区。

区域生态环境的变化除受纬度和海洋分布影响外，在颇大程度上同还受构造体系的影响。特别是现代巨型隆起带和凹陷带，不仅控制了高山深谷的走向，也控制了气候带、土壤带、生物带及有机矿产展布的大格局。其中，现代纬向构造体系对地球生态分带起着基础性的控制作用。宏观来看，纬向隆起带生态环境条件往往较差；而纬向凹陷带则生态环境较好，不仅降雨较多、气温较高，而且其生物多样性、农产品丰富、农业发达。这一地带在挽近时期，由于气候适宜、生物繁茂、沉积物较厚，也是石油、天然气和煤等有机矿产最丰富的地带。由于人口、财富集中、承灾体价值大，因此当受到自然灾害侵袭时，也是灾害损失严重的地区，可能形成巨灾。

现代北东向和北西向构造及歹字型构造是与纬向构造复合交接的构造体系。由于它们的出现，在这些构造体系范围内，改变了地貌带、气候带、土壤带、生物带东西分布的大格局，有使之转变为近南北、北东、北西走向的趋势。特别值得提出的是，由于构造的复合，使地貌形态更为复杂，气候、土壤多变，从而使生物多样性增强，因此在适宜的地带，主要是这些构造的凹陷带，往往成为降水较多，气温较高、土壤条件较好、农产品丰富、人口较密集的地区，也是石油、天然气和煤等有机矿产较多的地带，一旦发生灾变，则灾害损失比较严重。尤其是在这些北东、北西向构造凹陷带与纬向构造凹陷带的复合处，更是生态环境条件最好的地区，这些地区几乎都是农产品、有机矿产丰富，人口密集的地区，但是一旦灾害发生，也是受灾程度最高的巨灾事件多发区。

（二）亚洲巨灾事件多发区的初步划分

根据这些规律，亚洲主要巨灾多发区有 4 个：东亚巨灾事件多发区、南亚巨灾事件多发区，中纬度巨灾事件多发区和中东巨灾事件多发区。

1. 东亚巨灾事件多发区

该区走向北东，包括日本—菲律宾列岛及朝鲜、韩国和中国东部滨海地带。该区是西太平洋构造带最强烈的地带，海陆交接，来自海上的影响最大，天气变化复杂剧烈，是地震灾害、气象灾害、洪涝灾害、海洋灾害、地质灾害最多的地区。由于该区人口众多、经济发达，是巨灾事件多发区。已经发生的死亡人口超过 10 万人或经济损失超过 10 亿美元的巨灾事件有：

1852 年中国河南洪涝灾害，死亡 10 万人。

1887 年中国河南、陕西洪涝灾害，死亡 90 万人。

1905 年中国广东干旱灾害，死亡 10 万人。

1905 年中国山东干旱灾害，死亡 50 万人。

1911 年中国安徽、江苏洪涝灾害，死亡 80 万人。

1915 年中国广东珠江洪涝灾害，死亡 10 万人

1923 年 9 月 10 日日本东京 8.2 级地震灾害，死亡 14.28 万人，损失 28 亿美元。

1931 年中国江淮流域安徽、湖北等 16 省 659 县洪涝灾害，死亡 40 万人。

1932 年中国吉林洪涝灾害，死亡 60 万人。

1935 年中国长江流域湖北、湖南洪涝灾害，死亡 14.2 万人。

1938 年中国河南、安徽洪涝灾害（人为炸堤），死亡 89 万人。

1943 年中国广东干旱灾害，死亡 300 万人以上。

1975 年中国河南洪涝灾害，死亡 3.2 万人，损失 66 亿美元。

1976 年 7 月 28 日中国河北唐山 7.8 级地震灾害，死亡 24.2 万人，损失 60 亿美元。

1981 年 8 月 20 日日本塞德台风灾害，死亡 0.004 万人，损失 130 亿美元。

1991 年中国长江流域洪涝灾害，死亡 0.1 万人，损失 94.1 亿美元。

1991 年 9 月 26—28 日日本 9119 号台风灾害，死亡 62 人，损失 46 亿美元。

1994 年 8 月 21 日中国浙江等省台风灾害，死亡 0.1 万人，损失 31 亿美元。

1997 年 8 月中国浙江、福建、江苏、山东等省台风灾害，损失 60 亿美元。

1995 年 1 月 17 日日本阪神兵库 7.2 级地震灾害，死亡 0.54 万人，损失 1000 亿美元。

1999 年 9 月 20 日中国台湾南投 7.6 级地震灾害，死亡 0.24 万人，损失 92 亿美元。

2. 南亚巨灾事件多发区

南亚巨灾事件多发区包括中国青藏地区和巴基斯坦、印度北部、孟加拉、缅甸、马来西亚、印度尼西亚等国。受青藏歹字形构造控制，构造强烈，是印度洋与亚洲大陆交汇部位，来自海上的影响大，天气变化复杂，是地震灾害、地质灾害、热带气旋、洪涝灾害、干旱灾害多发区。由于许多地区人口众多，减灾能力较低，往往形成巨灾。已经发生的巨灾事件有：

1937 年印度加尔各答飓风、洪涝灾害，死亡 30 万人。

1943—1944 年，孟加拉洪涝饥荒灾害，死亡 350 万人。

1953 年 2 月印度尼西亚森林大火灾害，损失 60 亿美元。

1966 年印度干旱灾害，死亡 100 万人以上。

1970 年 11 月 12 日，巴基斯坦东部热带风暴灾害，死亡 20 万人。

1971 年 8 月 17 日，越南洪涝灾害，死亡 10 万人。

1987—1988 年印度古吉特拉邦、旁遮普邦干旱灾害，死亡 150 万人，损失 11.3 亿美元。

1990 年 6 月 21 日伊朗西北部 7.3 级地震灾害，死亡 5 万人，损失 80 亿美元。

1991 年 4 月 29 日，孟加拉吉大港台风风暴潮灾害，死亡 13.8 万人，损失 30 亿美元。

1997 年 10 月印度尼西亚森林大火灾害，损失 60 亿美元。

1998 年 10 月印度尼西亚森林大火灾害，损失 300 亿美元。

1999 年 8 月 17 日，土耳其地震灾害，死亡 1.7 万人，损失 130 亿美元。

3. 中纬度巨灾事件多发区

大约在 20°—40°N 之间，为一纬向构造十分强烈的地带。该带恰好位于地球临界纬度左近，气候变化最大，因此是气象灾害和地震灾害、地质灾害最严重的地区。在人口比较密集、经济比较发达的中国东部和中东部分地区，便可能形成巨灾事件。已经发生的巨灾事件有：

1920 年中国华北、西北 317 个县干旱灾害，死亡 50 万人。

1923—1925 年中国四川叙永、小金等县干旱灾害，死亡 10 万人以上。

1923 年 4 月中国云南低温饥荒灾害，死亡 15 万人。

1931 年中国江淮流域安徽、湖北等 16 省 659 县洪涝灾害，死亡 40 万人。

1935 年中国长江流域湖北、湖南洪涝灾害，死亡 14.2 万人。

1954 年中国长江流域洪涝灾害，死亡 3.3 万人，损失 30 亿美元。

1990 年 6 月 21 日伊朗西北部 7.3 级地震灾害，死亡 5 万人，损失 80 亿美元。

1991 年中国长江流域洪涝灾害，死亡 0.1 万人，损失 94.1 亿美元。

1998 年中国长江流域及松花江流域洪涝灾害，死亡 0.15 万人，损失 290 亿美元。

1999 年 8 月 17 日土耳其地震灾害，死亡 1.7 万人，损失 130 亿美元。

4. 中东巨灾事件多发区

这一走向北东的地带，是一受北东向构造控制的活动地区，地震灾害严重，也是亚洲最干旱的地区。由于这一地区，包括沙特阿拉伯、伊拉克、伊朗、阿富汗、哈萨克等油气资源特别丰富，如果发生巨大的灾变，有可能发生巨灾事件。

第三节　亚洲主要自然灾害的时间分布规律

巨灾事件归根到底是由地壳表层系统变化引起的。地质历史时期每一场地壳运动都发生全球变化，不仅在岩石圈中形成了显著的构造形迹，导致岩浆活动，同时引起海水进退、气候剧变和生物界飞跃发展及各种灾变。根据地质考察、历史记录和现代观测，发现地壳的活动、海水涨落、气候变化、生物发展等，共同存在着日、月、年、5～6 年、11 年、22 年、35 年、90 年等以及尺度更大的周期变化。因此，由这些自然变化所导致的自然灾害也存在共同的韵律性。

在全球变化中，最重要、最敏感的自然变异因子是气候变化。气候变化不仅引起气象灾害，也是多种灾害链和灾害群形成的主导因素。因此，搞清气候变化，就基本掌握了主要自然灾害的时间分布规律。

一、气候变化

气候变化影响的范围十分广大，因此中国的气候变化大体代表了亚洲的气候变化。

(一)第四纪冰期与气候变化

在地质历史上，地球的气候在不断地变化着。在漫长的古气候变迁过程中，反复经过多次寒冷的大冰期与温暖的大间冰期气候。近 10 亿年以来，地球上至少出现过 3 次大冰期：第一次出现在 680 Ma 左右(南华纪冰期)；第二次出现在 320～260 Ma 前(石炭—二叠纪冰期)；第三次是 3 Ma 开始的第四纪大冰期。三次大冰期彼此间隔约为 280 Ma。地质历史上的几次气候变冷的情况，其主要时期为南华纪初、泥盆纪初、石炭—二叠纪间、三叠—侏罗纪间、白垩—第三纪间以及第三纪之后至第四纪。引人注目的是，这几个时期恰好是地球自转变慢的地壳运动比较激烈、容易发生巨大灾变的时期，即相当于元古宙末的地壳运动、加里东运动、海西运动、印支运动、燕山运动和喜马拉雅运动时期，也是海退时期。

新近纪(距今约 2500 万年)气候炎热，平均气温高达 23～24℃，发育并堆积了大量的红层。进入第四纪(距今约 300 万年)气候变冷，地球进入所谓第四纪大冰河期。在这个大冰河期中，至少已确定了 6 次冰期，即凉山冰期(红崖冰期、龙川冰期、阿合布隆冰期)、狮子山冰缘

期、鄱阳冰期、大姑冰期、庐山冰期和大理冰期。每个冰期一般持续约 10 万年，最后一个冰期(大理冰期)可能在 1.8 万年前结束。

这 6 次冰期不仅使我国大部分地方冰天雪地、气温降低，而且在世界其他地方也普遍存在。这表明，300 万年以来地球上曾发生过 6 次全球性的气候变冷。

在冰期之间为温暖的间冰期气候。300 万年以来，地球上也曾发生过 6 次全球性的气候变暖。间冰期还可以进一步划分为尺度较小的相对冷期和暖期。在气候温暖的时期，极地冰盖和高山冰川融化，使海平面升高，出现海侵。

在大理冰期之中就至少有 5 次冷期(或称副冰期)，而其间为相对温暖时期(或称副间冰期)。每个相对温暖时期一般持续 1 万年左右，目前正处于一个相对温暖时期的后期。因此，在对未来气候做出预测之前，有必要估计一下处于冰河期或间冰期哪个大的气候背景下。

气候冷暖的波浪状变化构成了第四纪气候变化的基本特点。正是在第三纪到第四纪，气候由暖变冷，导致大片森林冻死的条件下，才迫使类人猿从树上转移到树下生活，并在与严酷的自然条件斗争中，学会了直立行走，学会了使用工具，完成了从猿到人的跨越式转变。

关于第四纪冰期的发展趋势，首先可以肯定，目前不属于地球气候史上的大间冰期。因为第四纪大冰河期的盛期，即冰河期中的冷期(最后一次大约距今 1.8 万年)，地球上的陆地大约有 24%被冰覆盖；大间冰期时，地球上甚至极区也没有永久性海冰或陆冰，而目前两极不但被永久性海冰与陆冰覆盖，中高纬陆地也有永久性冰盖，冰的面积约占陆地面积的 11%。因此可以肯定，目前尚未走出第四纪大冰河期。

第四纪的 6 次冰期中，前五期冰期平均持续 20 万年左右，最末的大理冰期只持续了 7 万年。假如最末的这次大理冰期的延续时间可能与以前各次冰期延续时间相近的话，可以说现代宏观上仍处于冰期中间的一个时间尺度较短的间冰期，预示若干年后气候仍将变冷。

目前虽然处于相对较暖时期，但是时间长度还没有超过大理冰期中过去几次较暖时期，温暖也没有达到间冰期程度。因此，仍然存在进入大理冰河期中下一次冷期的可能性。

如果如此，今后则全球气温会剧烈下降。因为冰河期的盛期，气温可能比目前低 7～8℃，海平面也会下降 70～80 m，而且有的作者认为，冰河中的冷期发展是比较快的，有时能在几个世纪之内，至少短于 1000 年的时期内进入新的冷期，大陆冰盖再次迅速扩展。因此，单纯从气候变化的历史来看，是存在今后几百年进入新的冷期的可能性的。

但是，根据米兰柯维奇的冰河天文学理论，人们曾经较好地用地球运行轨道参数的变化解释了第四纪几次冰期的形成。而依照参数变化的推算，未来 10 万年属于一个间冰期。如果这个推算是正确的话，那将意味着大理冰期的结束，即进入间冰期，气候将进一步变暖。如果全球气温上升 7～8℃，极地冰将全部融化，海平面将上升 70～80 m。

不过，无论这两种情况中的哪一种情况均不会在短短 100 年的时间尺度内出现。因此，在做几年到几十年气候预测还不必、也不可能考虑这么长尺度的冰河期的变化。然而，无论如何这种巨大的气候状态的改变是可能出现的，即使不会立即出现，也许其发展能在几十年期间内在某种程度上感觉到，甚至也可能影响几年到几十年尺度的气候变化。况且，冰期与间冰期之间的气候差异太大了，无论哪一种情况到来，均会对整个人类的生存提出严峻的挑战。因此，尽管在短期内不可能发生如此巨大的变化，但我们仍要密切注意。

（二）冰后期气候变化[20]

在距今大约 7 万年的大理冰期，我国平均气温降至 5～6℃。距今 4 万年转入亚间冰期气候，平均气温回升至 11～12℃，华北发生沧县海侵。距今 3 万—1.8 万年，为晚大理冰期盛冰期，平均气温只有 4～5℃，比现今低 7～8℃；多年冻土带移至 34°20′—34°40′N，沉积了马兰黄土，繁育了山顶洞动物群和山顶洞人，出现了大量暗针叶林。此时，我国发生了大规模的海退，海平面降低了 130 m 以上。距今 1.8 万—1.6 万年，气温曾一度转暖，我国华北、东北出现了温带针叶阔叶混交林，但从 1.6 万年前开始气温再次变冷，直至距今 1.2 万年才开始变暖，进入全新世冰后期气候。

从挪威雪线高度的变化图上可以清楚地看出（图 3-12），自最近一次冰期结束以来的 1 万年间（称为冰后期），世界气候有两次大的波动：一次是公元前 5000 年到公元前 1500 年的最适宜气候期，当时气温比现在高 3～4℃；一次是 15 世纪以来的寒冷气候期。其中，1550—1850 年为冰后期以来最寒冷的阶段，称为小冰期，当时温度比现在低 1～2℃。

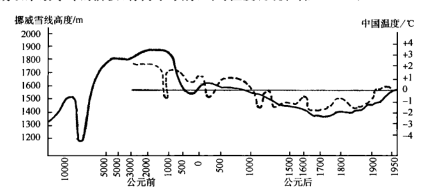


图 3-12　1 万年来挪威雪线高度（实线）和近 5000 年来中国气温（虚线）变迁图

全新世时期我国气候多变，从上海、南京、镇江、天目山等地孢子花粉组合来看，尺度更小的冷暖气候变化曾发生十多次之多。南京、重庆等地黄土堆积中具有 5～6 层古土壤，也反映了冷暖气候的多次变化。北半球全新世至少可划分出 5 个冷暖交替的气候期，其中最冷的时代大约在距今 10300 年、7800 年、5300 年、2800 年、300 年前后，间隔约为 2500 年，每一冷期约持续 1000 年。我国的气温变化与此十分类似，古全新世气温较低；早全新世（距今 9800—7900 年）气候较温暖潮湿，水域扩大，植物茂盛，出现常绿落叶林，形成了泥炭层，如东北普兰店泥炭层、福建莆田泥炭层等，此时海面迅速上升；中全新世（距今 7900—2400 年）早期，我国气候干凉，距今 7000 年转为温暖，距今 7000—5800 年发生献县海进；距今 5800—5000 年气温降低，距今 5000—3500 年气候湿热，气温较现在约高 2℃，黄河流域发育有副热带动植物群，发生了沧东海侵，并有泥炭层沉积。世界上，距今 6000—4000 年也为高温期，当时撒哈拉沙漠为大片草原；距今 3500—2400 年气温再次下降，海面停止上升，湖面缩小，水生植物减少，堆积黄褐色砂质黏土。

概括来说，古全新世—中全新世，全球气候经历了 5 次冷暖变化，彼此间隔约为 2000～3000 年。其中，较冷的时期为距今 11000—10000 年、8000—7000 年、6000—5000 年、3500—2500 年、500 年以来，每一期平均长 1000 年。

一般公认，近500年气候变冷，至少北半球在1550—1850年期间，出现了冰后期1万多年来最寒冷的气候，故称小冰期。由此看来，现在仍处于全新世的冷期。

(三)近5000年的气候变化

1. 气温变化

中国近5000年来的气温变化，大体上与近5000年来挪威雪线高度的变化相似(见图3-13虚线)。

根据对历史文献记载和考古发掘等代用资料的分析，特别是物候学的分析，可以将5000年来我国的气候变化划分为4个温暖时期和4个寒冷时期。

第一温暖时期：公元前3500年到公元前2000年左右，即从仰韶文化到安阳殷墟时代。在陕西、河南一些原始村落的遗址中，发现有大量獐、竹鼠、貘、水牛等动物遗骨；从甲骨文上得知，河南一带有野象出没；竹类植物遍布黄河流域，直到东部沿海地区。这些考古发现证明，黄河流域当时的气候比现在温暖湿润得多，估计当时大部分时间年平均温度比现在高2℃左右，1月温度大约比现在高3～5℃，年降水量比现在多200 mm以上，是我国5000年来最温暖的时代。

之后，出现了公元前1950至公元前1750年的相对寒冷时期、公元前1700至公元前1100年的相对温暖时期，进入了第一寒冷期。

第一寒冷时期：公元前1000年到公元前850年之间的西周初期。这时，我国已经有大量文字记载，《竹书纪年》中有公元前903年和公元前897年汉水两次结冰，紧接着又是大旱的记载；《诗经·幽风》中提到的当时幽地(距今西安不远)的许多物候现象，也都比现在同一物候现象出现得晚，说明当时气候比较寒冷干燥。但这次寒冷期不长，只持续了150年左右。

第二温暖时期：公元前770年到公元初(相当于春秋战国和秦汉时期)，气候比较温暖湿润。例如，《春秋》中提到，当时鲁国(今山东)的冬天没有冰；像竹子、梅树这样的亚热带植物，在《左传》和《涛经》中经常提到；《史记》写当时经济植物的地理分布是“蜀汉江陵千树橘，……陈夏千亩漆，齐鲁千亩桑麻，渭川千亩竹”，都比现在有关植物的分布界限偏北。这些都说明，当时气候比现在温暖。这次温暖期持续700多年，但其间也发生过多次气候冷暖变化。

第二寒冷时期：公元初到6世纪，相当于东汉、三国到南北朝时期。据史书记载，三国时代的曹操在河北邯郸种橘，只开花而不结果；公元225年曹丕到淮阴视察士兵演习，淮河突然结冰，演习不得不停止，这是历史上第一次有记载的淮河结冰。这种寒冷气候到4世纪前半期达到顶点。在公元366年前后，从昌黎到营口的渤海海面连续三年全部冻结。《齐民要术》(公元533—544年)中记载的华北物候现象和农作时间均比现在晚15～28天。可见，当时黄河流域一带的气候比现在要冷。

第三温暖时期：公元7世纪到9世纪的隋唐时代。从7世纪中叶开始气候显著转暖，公元650年、669年和678年的冬季，当时的都城长安(今西安)无冰无雪。梅和柑橘都能在关中地区生长，8世纪初梅树生长于皇宫，9世纪初西安南郊的曲江池还种有梅花；从8世纪初到9世纪中期，长安可种柑橘并能结果实。柑橘只能耐－8℃的最低温度，梅树只能耐－14℃的最低温度，而近代西安年最低温度都在－8℃以下，极端最低温度为－20.6℃，所以现在西安的气候

已不能生长梅树，更不能生长柑橘了。可见，隋唐时代的气候比现在要温暖得多。

第三寒冷时期：大约在公元 10 世纪到 12 世纪初。这时，华北已没有野生梅树了。公元 1111 年江苏、浙江之间面积 2250 km^2 的太湖全部冻结。公元 1153—1155 年苏州附近的南运河冬天经常结冰。北京西山到阳历 10 月已遍地皆雪。1000 多年来，福建的荔枝两次冻死均发生在 12 世纪（公元 1110 年和 1178 年）。可见，当时的气候要比现在寒冷得多。

第四温暖时期：公元 13 世纪气候曾短时间回暖。公元 1131—1260 年杭州每十年降雪最迟日期是 4 月 9 日，比 12 世纪以前最晚春雪日期推迟 1 个月左右。公元 1200 年、1213 年、1216 年和 1220 年杭州无任何冰雪。当时北京的物候与今日相同。这种温暖气候可能一直持续到 13 世纪后半叶。例如，元代初期（公元 1268—1292 年）西安、河内（今河南省博爱县）、凤翔三地因竹类和竹器的管理需要，又重新设立“竹监司”的衙门，就是气候转暖的结果。

第四寒冷时期：从公元 15 世纪到 19 世纪末（明、清时期）长达 500 年，即所谓小冰期。小冰期时的年平均气温估计比目前低 1.0～1.5℃，冬季气温可能更要低一些。当时，极端初霜冻日期平均比现在提早 25～30 天，而极端终霜冻日期平均比现在推迟约 1 个月。我国东北地区生长期比现在短 20～30 天。1650—1700 年的 50 年中，有 10 年江河湖泊结冰。由当时柑橘冻死的南界比现在实际种植的界限偏南 1～3 个纬度和 17 世纪中叶北京附近的运河封冻期比现在长 50 天左右分析，估计 17 世纪的冬季温度要比现在低 2℃左右。

综上所述，我国 5000 年来的气温变化波动起伏，温暖时期和寒冷时期交替出现。在 5000 年中的最初 2000 年，大部分时间年平均温度比现在高 2℃左右，是我国 5000 年来最温暖的时期。自那以后气候冷暖交错：秦汉、隋唐、元初等时期比较温暖，殷末周初、三国—南北朝、南宋、明清等时期比较寒冷。最低温度出现在公元前 1000 年、公元 400 年、公元 1200 年和公元 1700 年，气温振幅为 1～2℃。17 世纪是我国 5000 年中最寒冷的时期。可以看出，5000 年的气候变化具有温暖时期越来越短、温暖程度越来越弱和寒冷时期越来越长、寒冷程度越来越强的特征。这个特征从野象的迁徙和江河封冻中也可反映出来。例如，在仰韶时期，我国黄河流域有野象生存；在秦汉时代，象群栖息的北限南移到淮河流域及其以南；到唐代，象群只在长江以南出现了。又如，公元初到 6 世纪的寒冷时期，只有淮河封冻；而在公元 12 世纪的寒冷时期，太湖出现了封冻；到了 17 世纪的寒冷时期（如 1670 年），长江也出现了封冻的现象。

2. 干湿变化

关于近 5000 年来的干湿变化，亦可根据考古发掘遗物和历代文献记载的旱涝史料进行分析。由于黄河流域是我国古代文明的发祥地，有关干湿的文史资料比其他地区要丰富得多，因此通过对这一地区的历史研究和近代分析，可获得近 5000 年来我国中原地区气候在干湿变迁方面的大致轮廓。

据初步分析，在仰韶文化期的大部分时间内，是降水量比现今稍少的半干旱气候；在近 5000 余年中的最初 1500 年，即从大河村文化期开始为年降水量比现今稍多的半湿润气候期；尧、舜及夏朝晚期，约在公元前 24 至公元前 21 世纪，有一个经常发生洪水的湿润多雨期。夏朝晚期至商朝初期，大约在公元前 20 至公元前 19 世纪有一个严重干旱少雨期，这与公元前 19 世纪尼罗河干涸引起灾难，在时间上是一致的。商朝整个时期，其前期及安阳殷墟期间（晚期）气候属于降水量比今稍多，温暖半湿润、半干旱气候期，而商朝中期有过一个湿润降雨较多

期，整个商朝约600年的历史时期内，干、湿期交替的波动仍然存在。自西周以后，随着历史文献记载的增多，有一系列的干湿阶段交替，不过每个干湿阶段的时间有长有短，各干湿阶段的严重程度也有所不同，其中最严重的干旱少雨期为公元前870年至公元前721年（西周晚期至东周初期，即厉、宣、幽、平之世）和公元300—580年（十六国及南北朝时期），最湿润的多雨阶段为公元630—800年的隋唐时期。从20世纪30年代开始进入了降雨较少阶段，目前正处在这个阶段中的干旱期内。

（四）近500年的气候变化

从公元1400年以来的500多年中，是我国历史上最近的一次寒冷期，对应欧洲的现代小冰期，也是我国5000年来最明显的一次气候波动。根据13世纪至20世江湖冻结年代及16世纪以来热带地区降雪落霜年数的统计，发现在近500年的寒冷时期中，寒冷年数不是均匀分布的，其中最冷的时段有三次：第一次1470—1520年；第二次1620—1720年，特别是1650—1700年；第三次1840—1890年。其间，有两次相对温暖的时期，即1550—1600年和1770—1830年。气温振幅在0.5～1.0℃之间。冷期与冷期或暖期与暖期之间平均间隔为100～150年，每次冷暖期平均持续时间为50～100年。

通过对我国南方地区明、清两代冬季冷暖状况的文字记载和果树冻害的分析，近500年中也表现出3次大的冷暖交替，证实17世纪和19世纪的冬天比较冷，而16世纪和18世纪的冬天比较暖，寒暖的变化大约有170年的周期。从20世纪初开始，气温明显上升。据推算，长江流域冬季平均温度最冷的时期比20世纪40年代最暖的时期低1.5℃左右。

近500年来的3次寒暖变化，在900多年的祁连山圆柏年轮中也能够反映（图3-13），特别是1650—1700年这段最冷时期表现得很清楚。从图上还可看到，我国近500年来的寒冷期正好处在太阳活动（用大气^{14}C间接表示）的低水平时期。第一次冷期对应着公元1460—1510年的太阳活动极小期（称史波尔极小期）；第二次冷期对应着公元1645—1725年的太阳活动极小期（称蒙德尔极小期）；第三次冷期较弱，对应一次较弱的太阳活动期。特别在第二次冷期中的公元1650—1700年的50年，是我国500年中最寒冷的时期，也是欧洲小冰期的极盛期，当时太阳活动也最弱，黑子几乎消失。而太阳活动中世纪极大期间（公元1120—1280年）正值我国元初的温暖时期。这说明我国近500年的寒暖变化可能与太阳活动的长期变化有关。

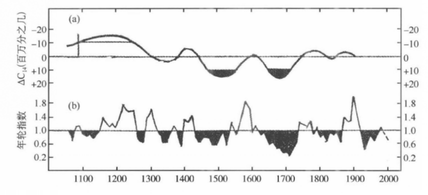


图3-13　近千年来祁连山圆柏年轮指数和大气中^{14}C的变化

据何大章 1962 年统计资料，我国广东冻灾存在 50～60 年周期，主要冻灾期为 1500—1550 年、1615—1690 年、1830—1895 年。据张德二(1982 年)对中国南部近 500 年的冬季温度变化研究成果，大约在公元 1520 年以前、1620—1720 年、1810—1890 年及 1950 年至现在等几个时间段为冷期。据竺可桢、登坦等资料，公元 1470—1520 年、1650—1720 年、1840—1890 年及 1945 年之后为寒冷期，冷期延续时间 50～70 年。这些结论相互间大体是相吻合的，一致说明了近 500 年属于冰后期的寒冷期；在这期间又经历了多次百年左右的冷暖周期变化，再考虑太阳活动的影响，现在应处于较冷的时段。

(五)近百年的气候变化

近百年来，我国气温经历了由冷变暖(1900—1940 年)、由暖变冷(1940—1970 年)、由冷变暖(1970 至现在)的波动变化。

根据 20 世纪以来我国 137 个气象站的气温资料，与北半球每五年平均温度变化的比较(图 3-14)，说明 20 世纪以来我国气温的变化与北半球气温变化趋势基本上是一致的。即从 20 世纪初到 40 年代，我国气温总的趋势是升高的，1900—1920 年每年的平均气温在多年平均气温之下，到 1920 年以后回升到多年平均气温左右，20 年代末至 30 年代初有一短期微弱降温，40 年代达到 20 世纪最暖时期，最暖的 5 年平均气温高于多年平均气温 0.5～1.0℃。但各地之间仍有差别，从升温出现的时间上看，北方早于南方，沿海早于内陆；从增温强度上看，北方也大于南方。这说明，20 世纪前半期的增温在我国较高纬度比在较低纬度来得早、来得明显，这和北半球的增温在高纬度表现得比较清楚、强烈是一致的。从 40 年代中期开始，我国气温大范围转为下降，到 50 年代初大多数台站的 5 年平均气温已降到多年平均值以下。因此，40 年代前后是我国气候由暖变冷的转折时期。1940—1970 年是我国气温大范围由偏暖转为偏冷的 30 年，根据 50 年代、60 年代和 70 年代三个 10 年冬、夏气温资料分析，50 年代冬季除华南沿海和西南地区偏暖外，全国大部分地区偏冷，夏季偏冷的地区主要在东北和华北，其他地区正常或偏暖；60 年代无论冬夏偏冷的地区都主要在西部；70 年代冬季偏冷的地区主要在华南和西南广大地区，其他地区偏暖，夏季除内蒙古一带稍偏暖外，全国大部分地区均偏冷。从降温幅度上看，50 年代以来东北北部、西北及华南等地平均气温下降了 0.4～0.8℃；华南和

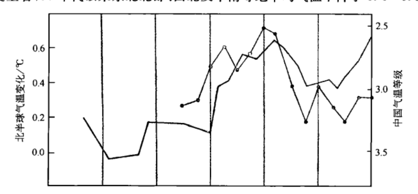


图 3-14 中国气温等级的 5 年平均值(细线)和北半球气温 5 年平均值(粗线)的变化(北半球气温变化以 1880—1884 年为基准)

西南下降了0.4～0.6℃以后，在60年代又回升0.1～0.3℃；全国平均降温幅度在0.4～0.8℃之间。70年代中期以来气温再次回升，70年代以来的冬季，我国北方广大地区普遍回暖，连续出现了5个暖冬，降温主要出现在夏季，因此有冬暖夏凉之感。进入80年代以来，除西南地区冬夏季均偏冷外，全国大部分地区仍然维持冬暖夏凉的气候特征，但年平均气温在明显回升。

20世纪以来的气温变化，在冰川进退、雪线升降中也有所反映。例如，1910—1960年50年间天山雪线上升了40～50 m，天山西部的冰舌末端后退了500～1000 m，天山东部的冰舌后退了200～400 m。喜马拉雅山脉在我国境内的冰川，近年来处于退缩的阶段。值得注意的是，1966—1968年比1959—1960年，绒布冰川的运动速度有了大幅度的增长，反映冰川的补给量有较大的增加。

近百年来我国的气温变化除上述阶段性特点外，周期性也是很明显的，但不同地区盛行的周期不同。表3-2为通过对各站气温等级的功率谱分析得出的气温变化各种周期的地理分布。

表3-2　我国气温变化各种周期的地理分布

周期 \ 地区 \ 要素	温　度
36年	长江下游、东北北部、西南
22年	华北北部到东北西部
11年	黄河流域、长江上游
5～6年	江淮之间的我国中部
2～3年	东北地区

综上所述，近百年我国气温经历了由冷变暖(1900—1940年)、由暖变冷(1940—1970年)、由冷变暖(1970至现在)的波动变化。估计2010年前后将变冷。

2007年以来气候呈现极端变化的态势，忽冷忽热，预示着气候的突变。

二、历史时期的自然灾害[22]

(一)隋前时期自然灾害(公元前2600至公元581年)

隋前的自然灾害主要集中在公元前700至公元前500年、公元前200至公元前100年、公元220—240年及公元300年、400年、500年、600年前后。

1. 气象灾害

传说尧舜时期(公元前21世纪左右)黄河流域曾发生特大洪水，给人们的居住和生产造成了极大危害。“滔滔洪水方割，荡荡怀山襄陵，浩浩滔天，下民其咨”，“洪水横流，泛滥于天下”，就是当时的写照。

商代洪水不但发生频繁，而且灾害严重，曾迫使帝都7次迁移。

春秋时期，灾害种类增多。公元前714至公元前700年，有旱、涝、冻的记载；公元前662至公元前617年，有旱、涝、冻、雹、风灾的记录，且有“大旱”、“大水”、“五稼皆不收也”等灾害程

度的描述。公元前588至公元前571年，有旱、涝、冻、雹等灾害过程的简单记录。从这些记载可看出，大约每隔百年出现一个灾害期。

西汉时期的231年中，雨涝、干旱、雨雪和霜冻出现频率分别为6年、5年、15年、45年。西汉自然灾害主要发生在4个时段：公元前190至公元前190年，历时11年，有3年雨涝、1年干旱的规律。公元前138至公元前107年，历时32年，雨涝6年、干旱2年、冻害5年；公元前48至公元前12年，历时37年，雨涝9年、干旱2年、冻害4年；公元11—23年，这13年中，有10年发生了水灾，4年发生旱灾，3年发生冻灾。西汉时期的231年中，黄河下游发生了16次大洪水。

东汉时期雨涝平均9年两遇，旱灾7年一遇。东汉的雨涝、干旱灾害大多集中在公元1世纪70年代至2世纪70年代的大约110年中，有三个灾害较频繁的时段：公元75—109年、公元120—136年、公元153—175年。东汉时期，黄河下游共发生较大水灾21次。

三国时期的45年中，水灾13年、旱灾4年、冻灾4年，水灾发生的年数大约是旱灾年数的3倍。

晋代干旱居首位，其次为雨涝和严寒。灾害主要集中在初期和后期两个时段：初期281—299年，后期380—419年。

南北朝时期的161年中，发生雨涝35年、干旱39年、冻害14年。公元460—519年是旱、涝灾害多发时段，其中又以公元470—489年最为严重。

2. 海洋灾害

风暴潮灾害的发生，存在自北向南增强的趋势。汉代记录到的潮灾22次，汉代8次、三国时代1次、晋代9次、南北朝4次，除3次发生在长江以北外，其余都发生在江南沿海。

3. 地质灾害

周代以前有4条地裂、山崩的灾害记录，春秋战国时期地质灾害记录有8条。西汉地质灾害记录有10条，其中5条与地震有关。东汉有37条地质灾害记录，魏晋南北朝地质灾害记录有56条。

公元512年，山西、河北等地地震山崩，死亡5310人，伤人2722人。

4. 地震灾害

隋前6级以上地震19次。地震给人们造成的灾难非常严重，如公元前70年，山东诸城乐昌一带的7级地震，山崩，坏城郭室屋，死亡6000余人。

5. 蝗灾

黄河流域是蝗灾的多发地区，以山东最重，次为河南、陕西、河北。

由于历史条件的限制，文化知识落后，人们尚无力抗御自然灾害的侵袭，每每严重自然灾害的到来，都使人们的生命财产遭受惨重损失。在奴隶主和统治者的横征暴敛下，严重的自然灾害往往成为“改朝换代”的催化剂。

（二）隋唐时期的自然灾害（581—960年）

1. 气象灾害

隋代37年中有8年出现雨涝，7年出现干旱。水灾较重的年份是607年、611年和617

年，旱灾引起饥荒或灾民流亡的年份是584年、594年、611年和612年。

唐代289年中发生雨涝97年、干旱33年、冻灾28年。涝、旱、冻出现的频率分别为3年、9年和10年。水灾比较严重，主要集中在650—734年。旱灾发生较多的时段有680—688年、798—804年，861—869年。

五代十国的53年中，雨涝16年、干旱7年、冻害1年。全国性的大洪灾达30次，平均不到2年就有1次大的水灾。

2. 海洋灾害

隋唐五代十国的379年中，海洋灾害记录有647年、656年、669年、676年、751年、775年、816年、821年和903年共9年，主要发生在鲁、苏、沪、浙、闽沿海一带，以沪、浙为甚，次为鲁和闽沿海地区。

3. 地质灾害

隋唐五代十国的379年中，地质灾害记录26条，其中山崩9条、地震9条、山移(滑坡)3条、地陷1条、泥石流2条、海溢2条。地质灾害的分布地域以甘、陕、晋三省为主，川西南次之。

4. 地震灾害

隋唐时代6级以上的大地震有14次，如649年山西临汾一带地震，压死5000余人。

5. 蝗灾

黄河流域是蝗灾的多发地区，以山东最重，次为河南、陕西、河北。

(三)宋代自然灾害(960—1279年)

1. 气象灾害

(1)雨涝

宋代雨涝，平均每十年中有6年。以此均值为准，划分出两个多雨涝时段：960—1029年，70年中有56年在不同地区发生雨涝；1160—1229年，70年中有58年发生雨涝。

(2)干旱

宋代总的说来干旱不多。每十年一般为1～3年，旱灾最多的时段为1164—1228年，每十年旱灾4～6年。

(3)冻害

宋代每十年有4年冻害。

2. 洪水灾害

在北宋的167年中，长江流域较大的水灾达16次，约11年发生1次；黄河有74年决溢，平均两年多1次。1128年黄河决河，不仅在当地造成水灾，而且给淮河带来严重灾难，黄河开始夺淮。自黄河南侵淮河之后，淮河流域水灾多了起来。

3. 海洋灾害

有记录的潮灾在沿海发生84次，平均3.7年1次。

4. 地质灾害

宋代的地质灾害主要有山崩、地陷等，主要集中分布于甘、宁、陕、川一带。灾害最频繁的时段有10世纪末至11世纪初、11世纪后期、12世纪末至13世纪初期。严重的地质灾害事件，如1072年华山崩，“七社民压死者几万人”(近万人)。

5. 地震灾害

宋代地震有3个高峰期，即1000—1070年、1110—1150年、1209—1220年，大致呈现世纪周期。

6. 蝗灾

宋代蝗灾高发期有12期，取各时期中间值，分别落在965年、987年、1012年、1034年、1076年、1102年、1125年、1161年、1188年、1213年、1234年、1266年，其间隔为22年的有8次，为其倍数的1次。该22年周期，与太阳22年的黑子磁周期基本一致。

(四)元代的自然灾害(1279—1368年)

1. 洪涝灾害

元代水灾严重。在89年中，全国较大的洪涝灾害共有107次，平均每五年有6次洪水。其中，漂没庐舍万家、溺死千人以上的大水灾有：

1297年浙江水灾，漂没庐舍18500区，溺死6800余人；

1310年河南、山东大雨，死者万余人；

1316年婺源州大雨，溺死5300余人；

1326年黄河河决郑州，漂没阳武等县民16500余家；

1339年汀州骤雨大水，平地水深3丈，损民居800家，坏民田200顷，溺死者8000余人；

1348年中兴松滋县骤雨，水暴涨，平地水深5尺余，漂没60里，死1500人。

2. 干旱

元代干旱北方36年、江淮19年、华南地区3年，灾害仍是北方严重。就全国而言，以1320—1339年的20年间旱灾最重，其次为1290—1299年。

3. 冻害

元代的89年中，共有25年大雪或霜冻造成冻灾，且大都发生在北方，以黄河流域出现冻害为多。

4. 海洋灾害

元代89年中，记载风暴潮52次，台风风暴潮为主，以长江三角洲和钱塘江地区比较集中。

5. 地质灾害

元代89年中，仅地质灾害就发生了58次，平均1.6年发生1次。

6. 地震灾害

1290—1352年是一个地震高峰期，大于6.5级的地震有6次。其中，1303年9月12—13

日，山西高平、晋城发生地震，接着17日在洪洞、赵城发生8级大地震，之后余震不断，影响汾河流域广大地区，坏官民庐舍以十万计，死数十万人。

7. 蝗灾

在1279—1368年间，蝗灾高潮期有5期：1279—1282年、1288—1312年、1320—1331年、1336—1344年、1357—1365年。1310—1330年的20年，蝗灾的频繁发生是历史上所罕见的。5期中间值之差有3个在22年左右，占75%，说明与太阳黑子磁周期也有一定关系。

（五）明代自然灾害（1368—1644年）

明代，1368—1644年的276年中，自然灾害具有前期轻、后期重的特点。明代$M_s \geqslant 6.5$的地震29次；全国较大洪灾255次，洪涝年份150个，黄河决口148次；干旱年份36个；冻害年份13个；风暴潮灾害年份33个；各类地质灾害年份94个；蝗灾年份106个。明代是灾害比较严重的朝代。

1. 雨涝

明代前期（1368—1469年），发生洪涝灾害54年，其中全国范围的大洪灾有5年，造成人员伤亡15000余人。明代前期，南、北方水灾都较多的时段为1370—1379年和1442—1459年。

明代后期，全国性大范围的多洪涝时段有1477年、1537年、1569年、1607年和1613年。

2. 洪水

据不完全统计，明代的276年中全国共发生较大水灾255次，每11年中有10年闹水灾，几乎年年水灾。明代276年间，洪涝造成的伤亡达37万余人。

3. 干旱

明代前期，北方地区多旱年有三个时段：1370—1379年、1400—1409年和1420—1469年，其中1420—1469年干旱持续的时间最长，达50年，主要发生在河北、北京、山东、山西、河南、陕西。江淮地区的旱灾多发生在1440—1469年。

明代后期，全国性大范围旱年共有18个，灾情最重的年份为1640年和1641年，全国干旱持续时间最长的为1637—1641年。

黄河以北地区，干旱最多的年代为1580—1589年和1630—1641年。

江淮流域的干旱主要发生在1480—1489年、1500—1509年、1520—1529年、1540—1549年、1580—1589年、1640—1643年。

南岭以南地区除1480—1489年、1550—1559年和1630—1639年无旱年外，其他年代均有1～2年旱年。最严重的干旱发生于1544年。

明代的干旱，最严重的地区为黄河以北，其次为淮河流域。公元1637—1643年的干旱，不仅是明代最严重的干旱，而且也是近500年来中国历史上最严重的干旱时段，涉及黄淮流域15个省（区）。这次干旱，持续时间长，涉及范围广，对当时社会、经济、政治都有极深刻的影响。初期，干旱只对部分地区有影响，干旱面积逐年扩大，灾情逐渐严重。1637年，山西临汾庄稼受害，河北唐山、山西太原出现饥馑。1638年，大部分地区庄稼受害、百姓饥馑，山西长

治、临汾有人相食。1640年，大面积禾苗枯死，庄稼绝收，淀竭、河涸，人相食的现象也十分普遍。1641年，干旱情势有增无减，灾情进一步恶化，石家庄、邯郸、临汾等地又出现严重疫灾、蝗灾。华北地区在干旱的1637—1643年间有蝗灾5～6年，人相食2～4年。连年的灾荒，农业欠收、绝收，人民生活艰辛难熬，此时政府和官吏不但不救灾，反而加紧盘剥人民，苛捐杂税不断增加。广大农民无法承受沉重的赋役，只好弃耕逃亡揭竿而起。1628年1月陕西饥民王二因岁饥苛政，率百人起义；随之，王左挂、高迎祥、王大粱等纷纷起事，揭开明末农民大起义的序幕；之后，公元1633年爆发了李自成、张献忠领导的农民大起义，直至1644年3月李自成攻入北京，结束明王朝的统治，无不与灾害连绵，民不聊生有关。

4. 台风、潮灾

明代最严重的海洋灾害为潮灾。据不完全统计，明代276年中记录的潮灾次数达259次之多，最多时段为1400—1415年、1440—1450年、1460—1480年、1505—1520年、1540—1550年、1570—1580年、1625—1635年，其中尤以1460—1480年、1570—1580年最多。

1628年七月发生的那次潮灾，是我国历史上最严重的潮灾之一。当时并不在天文大潮汛期，但危害却异常大，海宁、嘉兴、杭州、绍兴、萧山、山阴、会稽、上虞、余姚等地区台风海啸"狂飙猝发，骤雨如注，潮头几丈许，决塘人，沿海居民不及避，有升屋者浮毙，有升树者树拔亦毙，尸相枕籍，漂没几千家，杀人无算"。据统计，此次潮灾有8万余众丧生。

5. 冻害

公元1440年以前，大范围的霜冻或雨雪天气造成的冻害很少发生。1440年以后，黄河中下游地区每十年多霜冻的时期为1470—1489年、1520—1529年、1550—1599年、1620年至明末。其中，1550—1599年和1620年至明末霜冻更频繁。1453年山东、河南、徐淮大雪数尺，淮东之海冰40余里，人畜冻死。

6. 地震灾害

明代，有记载可查的地震2600多次。其中，$M_s \geqslant 4.8$级的破坏性地震不低于171次；$M_s \geqslant 6.5$的大地震29次。

明代前期，地震平静，15世纪末期进入地震活跃期，16世纪中期进入高潮期。

根据地震活动的频度，可划分三个地震活跃期：1467—1515年、1535—1577年、1597—1622年。

1556年1月23日陕西华县8级大地震，山西、陕西、河南同时地震，官吏军民压死830000有余，不知名者复不可数计。

7. 地质灾害

明代的地质灾害有山崩、地裂、地陷、山移、海岸崩塌等，散布于全国各处，以崩塌、滑坡为主。

明代地质灾害，在1450年前比较轻微，1450年后开始增多，1500—1550年为一多发期。

8. 蝗灾

明代出现蝗灾年份106年，占全部时段38.3%，每次蝗灾总是飞蝗蔽日，落地尺许，田禾

俱尽，灾情十分严重。

明代蝗灾高潮期有 1372—1375 年、1402—1405 年、1434—1458 年、1483—1484 年、1615—1626 年、1635—1641 年。蝗灾多与干旱有联系。

（六）清代自然灾害（1644—1911 年）

清代共发生全国性大水灾 398 次；黄河决堤、决口 158 次；$M_s \geqslant 4.75$ 的地震 336 次；全国性的雨涝年份 27 个、干旱年份 13 个、冻害年份 27 个。清代是历史上灾害比较严重的朝代。

1. 雨涝

清代雨涝严重，平均 10 年发生雨涝 1 次。雨涝最多的年代为 1648—1668 年、1725—1761 年、1819—1853 年、1871—1890 年四个阶段。

2. 洪水

清代全国发生较大水灾 398 次，平均 2 年 3 次，水灾之频繁超过了以往任何一个朝代。1810 年和 1811 年雨涝造成 1100 万人死亡，1849 年洪涝 1500 万人遇难，是清代历史上最惨烈的年代。

3. 干旱

清代 267 年间，全国性的干旱年有 13 个，约 20 年一遇。

1820—1822 年，3 年干旱一年比一年严重，陕西大部、山西西部等广大地区大旱，庄稼失收，饥民遍地。最为严重的为 1877 年的干旱，这次干旱是 1876 年干旱的进一步发展，河北、山西、陕西、甘肃、宁夏、内蒙古、河南、安徽、山东等地部分或大部分地区，赤地千里，颗粒无收，出现人相食现象。据统计，这次灾荒饿死 1300 多万人。

4. 冻害

清代的冻害主要发生在黄河流域，次为江淮地区，以 1860—1892 年、1648—1697 年为多。大范围（10 县以上）出现冻害的年份有 1654 年、1670 年、1690 年、1841 年、1861 年、1862 年和 1892 年。

黄河中下游地区的霜冻以 1650—1700 年、1730—1770 年、1840—1910 年为多发期，严重的霜冻约 5～6 年一遇。

5. 地震灾害

清代，有记载可查的地震 4200 多次。其中，$M_s \geqslant 4.75$ 级的破坏性地震不低于 398 次；$M_s \geqslant 6.5$ 的大地震 101 次。

清朝最严重的地震有如下 13 次。

1654 年 7 月 21 日，甘肃天水 8 级地震，发生极重的滑坡、堰塞湖，倾倒各类建筑物。死亡 3100 人。

1668 年 7 月 25 日，山东莒县、郯城发生 8.5 级大震，影响 12 个省的广大地区，造成极严重破坏。极震区各类建筑物全部倒塌如平地，山可整体崩裂，造成极严重的地裂、液化。此次地震死亡 43500 人。

1679 年 9 月 2 日，河北三河、平谷发生 8 级地震，影响 8 个省的广大地区。极震区建筑物几乎全部倒光，发生严重的地裂、液化、山崩、地陷。死亡 16000 人。

1695 年 5 月 18 日，山西临汾发生 8 级地震，影响 7 个省的广大地区。极震区建筑物几乎全部倒塌，并有严重的次生火灾、水灾。死亡 52600 人。

1709 年 10 月 14 日，宁夏中卫南发生 7.5 级地震，波及 7 个省的广大地区，连震 50 余日。极震区建筑物几乎全部倒塌，严重液化。死亡 2100 余人。

1718 年 6 月 19 日，甘肃通渭南发生 7.5 级波及 4 省广大地区的大地震。造成极严重的滑坡和较严重的地裂、液化、地陷，极震区建筑物几乎全部倒塌。死亡 75000 人。

1733 年 8 月 2 日，云南东川发生 7.5 级地震。极震区建筑物倒塌毁坏严重，造成地裂和滑坡。死亡 1200 人。

1739 年 1 月 3 日，宁夏平罗、银川发生 8 级地震，波及 6 个省的广大地区。极震区建筑物基本上全部倒塌，地面严重变形、裂陷、液化，次生火灾、水灾严重。

1786 年 6 月 1 日，四川康定发生 7.5 级地震，波及 5 省广大地区。极震区建筑物几乎全部倒塌，严重地裂、液化、地表变形。死亡 1000 人。

1830 年 6 月 12 日，河北磁县发生 7.5 级地震，波及 5 省广大地区。极震区建筑物几乎全部倒塌，严重地裂、液化、地表变形。死亡 10000 人。

1833 年 9 月 6 日，云南嵩明杨村发生 8 级地震，震延千里。造成严重地裂、山崩、地陷，极震区房屋倒塌。死亡 6700 人。

1879 年 7 月 1 日，甘肃武都发生 8 级大地震，纵横近两千里，波及 7 个省的广大地区。造成严重滑坡、地裂，极震区建筑物倒塌毁坏严重。死亡 29612 人。

1906 年 12 月 23 日，新疆沙湾发生 8 级地震，严重地裂、山坡崩滑，巨石崩落，道路堵塞。极震区房屋倒塌，压死 280 余人。

6. 台风

清代的 267 年中，遭受台风灾害严重的年份达 19 个，遭受风暴潮灾害的年份 213 个，几乎年年发生，有的年份一年数次。台风出现在沿海省份，风暴潮集中在从钱塘江口到长江口沿岸地带。

7. 地质灾害

清代有记载的地质灾害及灾变 124 条，其中山崩 97 条、泥石流 3 条、地裂 13 条、滑坡(山移)3 条、地陷 8 条。地质灾害程度较严重的地区在甘肃东南部的洮河、大夏河流域的临洮、临夏以及渭河上游的天水、甘谷等县，其次是浙江的丽水地区的几个县。

8. 蝗灾

清代的蝗灾危害程度比明代又胜一筹，按其高潮期可分为九期：1646—1658 年、1665—1671 年、1677—1725 年、1735—1778 年、1783—1793 年、1823—1826 年、1834—1847 年、1854—1860 年、1877—1883 年。其中，三、四期分别长达 49 和 44 年，这是前所未见的。

(七)民国时期自然灾害(1911—1949 年)

1911—1949 年的 37 年中，战乱不断，灾害频生。尤其是 20—30 年代，更为众多自然灾害

集中的时段。

1. 洪涝灾害

37 年中，全国共发生 65 次大水灾，受灾面积达 5502 万公顷，受灾人口 3 亿多，死亡人口 430 万人。

江淮流域的水灾 9 次，其中以 1931 年和 1949 年的灾害最重。

黄河流域是全国水灾最为严重的区域之一。37 年之中，黄河 16 次溃决，其中以 1913 年、1925 年、1933 年、1935 年和 1938 年 5 次大水灾损失最为惨重。

海河流域历来是水灾频繁的地区之一，民国时期更为严重。其中，1917 年、1923 年、1929 年和 1939 年为最重水灾。4 次重灾之中，又以 1917 年为首，1939 年为次。

珠江 1914 年、1915 年和 1947 年发生水灾，以 1947 年为重。

东北地区（辽河、松花江）在 1923 年、1932 年、1934 年、1938 年和 1939 年都发生过大洪水。

2. 旱灾

1928—1929 年的大旱具有全国性，主要分布区为以陕西为中心的西北地区和淮河流域。连年的大旱，黄河流域灾民达 3400 万人。

1936 年大旱，以河南、山西为中心，波及陕西、河北和京津地区，为 20 世纪最严重旱灾之一。年降水量不足常年的一半，农业歉收、失收，饥民遍地。

3. 台风灾害

民国时期最严重的台风灾害发生于 1922 年。1922 年 8 月 2 日，广东汕头地区发生 20 世纪死亡人数最多的一次台风灾害，死 7 万多人。

4. 地质灾害

(1)地裂、断陷、液化

1920 年的海原地震、1924 年的新疆民丰地震、1931 年的新疆富蕴地震、1937 年的青海阿兰湖东地震、1941 年云南段马地震和 1948 年四川理塘地震，都引发了地裂、地陷和液化等灾害。其中，1931 年 8 月 11 日新疆富蕴发生 8 级地震，产生了长达 170 km 的破裂带，宽 10 米至数百米，呈地堑型，中间下陷 1～10 m，最深达 60 m，有的地方水平错动 20 m。

(2)山崩、滑坡

山崩、滑坡也往往与地震有关。1920 年海原大地震，山崩极多，如会宁清江驿东 5 里 2 处山崩，将响水河长约 2500 m 的一段完全壅塞。

1933 年 8 月 25 日四川茂汶地震，叠溪周围山地皆向下崩倒，猫儿山至平羌沟南北 20 余里，自山顶至河面其高 2000 m 以上。尽皆崩坏，有 3 处皆将岷江堵塞，形成 3 个大堰塞湖，堰坝高分别在 160 m 以上、100 m 以上、100 m 左右。

1943 年 2 月 7 日黄河上游龙羊峡发生高速剧冲性滑坡，体积 2.7 亿 m^3，堵塞了黄河，埋没了上、下查纳村，死 213 人，毁耕地 1000 亩。

(3)地陷

地震经常造成地陷。1913 年云南玉溪地震，陷四十余丈宽，坑深莫测。1914 年恩施地震，

高耸狗头山陷下地平线八九尺。1921年海原、固原等地震，豫旺平地陷出巨川，海城全陷落，驼城及海原、固原两县城全塌陷。

5. 地震灾害

民国时期是地震活跃期。1913—1948年，共发生有感地震1300多次，其中大于4.7级者1021次，大于7级者50次，震灾特别严重的有10次。

1917年7月31日云南大关7.5级地震，波及300里外，余震30余日。极震区山崩屋塌，居民死者数千，沉陷极严重，崩滑亦多，山岳易形，村落丘墟，或沿江两岸山峦如剥，尸骨不知凡几。

1920年12月16日宁夏海原8.5级地震，是中国近代最大的地震，波及面积170 km²，死亡234117人。

1927年5月23日，甘肃古浪8级地震，有感区分布于甘肃、青海、陕西等省。震区窑洞全塌，房屋倒塌90%以上，其他建筑物也几乎全倒，地裂与滑坡严重。古浪县死4000余人。

1933年8月25日四川茂汶7.5级地震，“即时山崩城陷，岷江断流，积水成湖，一切建筑及人畜皆罹浩劫，死亡达2500余人”。

6. 蝗灾

民国时期，蝗灾最著，平均2～4年有1次地区性蝗灾，6～7年发生1次大范围蝗灾。1912年河南、山东、江苏、浙江等地发生蝗灾，蝗灾严重之处颗粒无收。1928—1932年，黑龙江、山东、河南、江苏、浙江等地区发生蝗灾。铜山每平方米千只以上，起飞时遮天蔽日，降落时铺盖大地，秋熟作物多数吃光，减产70%以上。1943年河南30余县发生蝗灾，3000万人中有一半困于饥馑，饿死300多万人。

三、自然灾害历史发展规律

在自然灾害的发展过程中，其发生的次数与等级时多时少，时强时弱，呈现了尺度不等的韵律性。各类自然灾害往往在某些时段相对集中或出现群发的局面，称为灾害群发期。大的灾害群发期，往往具有天文背景，故又称宇宙期，并出现大量的天象异常、地象异常、气象异常、生物异常和多种自然灾害群发现象。目前，我国已经划分出的灾害群发期有以下四个。

(1)夏禹灾害群发期(宇宙期)。该期大约发生在公元前2000年前后，是干旱、沙漠化严重时期。其间发生过大规模洪水泛滥。

(2)两汉灾害群发期(宇宙期)。该期发生在公元前200年至公元200年的两汉时期，天象、地象、气象都有异常，汉代太阳活动处于衰弱期，属多种灾害群发期。

(3)明清灾害群发期(宇宙期)。这个时期太阳活动极度衰弱，特别是1650—1700年太阳活动处于极小期，欧洲1400—1900年处于较为寒冷时期，称之为欧洲现代小冰川期。这个时期天象异常、地象异常、气象异常群发，1877年黄河中下游干旱饿死1300多万人，1870年长江洪水是近800年来最大的一次，1876—1895年上海年均温度低于15.1℃长达11年，1879年喀什冻死10万人，1883年印度尼西亚喀拉喀托火山爆发。

(4)清末灾害群发期(宇宙期)。19世纪末20世纪初，为一灾害群发期。

灾害群发期的持续时间一般为数百年或更长。每一个灾害群发期还可以划分出尺度较小和更小的灾害期，如存在100年、60年、30年、20年、10年、5年左右的周期或准周期性变化。

初步研究认为,公元前 200 至公元 100 年(战国—秦汉初期)、公元 400—500 年(南北朝时期)、公元 900—1100 年(五代十国至宋初时期)、公元 1600—1700 年(明末清初时期)等都是气候寒冷、干旱严重、地震活跃的巨灾灾害期,是我国北方沙漠化发展时期。巨大的灾害使人们遭受巨大损失,社会动荡,战乱不息,如 1600—1700 年是我国历史上的低温时期,连年大旱,遍及西北、华北、华东、中南、西南等地区,1665—1709 年华北出现 8 级和 8 级以上地震 3 次、7～8 级地震 2 次、6～7 级地震 3 次,长城外的森林消亡,变成沙荒,此外台风、蝗灾、瘟疫都很严重,民不聊生,终于导致了明末农民起义。

近 500 年,地震有两个明显的活跃期,即 1480—1720 年和 1880 年至今。根据对气候的研究,这一时段也存在两个干旱期,即 1479—1691 年和 1891 年至今。这两个时期即为灾害期。

在第一个灾害期中,1600—1700 年灾情最重。这一时期是我国历史上的低温期,连年大旱,1638 年、1641 年大旱遍及西北、华北、华东、中南、西南,旱情之重千年难遇。1653—1679 年黄河、淮河、海河、辽河、松花江、珠江等流域洪水成灾。1668—1709 年华北出现 8 级地震 3 次、7～8 级地震 3 次、6～7 级地震 3 次。此外,台风、风暴潮、蝗虫、瘟疫都很严重。

每一个灾害期中又包含若干时间尺度较短的灾害幕,如 1895—1912 年、1920—1934 年、1945—1957 年、1965—1978 年、1988 年至今,都是多灾频发的时段。

根据地质考察、历史记录和现代观测发现,自然灾害与地壳活动、海水涨落、气候变化、生物发展等,共同存在着日、月、年、5～6 年、11 年、22 年、35 年、90 年以及尺度更大的周期变化。由此看来,自然灾害的周期或准周期性的背景原因是地球的运动、太阳活动和其他天体活动的影响。据此,我们在系统研究了我国自然灾害发展史和自然灾害系统形成机制之后,提出了探索太阳活动—地球自转运动—地球表层系统变化—自然灾变—人类社会活动—自然灾害系统的灾害综合预测模式。根据综合资料分析,初步认为 2007—2015 年及 2030 年前后为严重灾害期,多巨灾。这两个时期,将以干旱缺水为特征,旱灾、地震、低温冷冻害、沙尘暴严重,其次为洪涝灾害、热带气旋、地质灾害,森林火灾、生物虫害。

第四章　亚洲巨灾的发展趋势与减灾对策

第一节　21世纪自然灾害发展态势分析[19]

一、21世纪初自然灾害发展态势预测的主要依据

（一）自然因素

如前所述，自然灾害的形成，既有自然因素也有社会因素。其中，自然因素的变化与全球变化相关。

根据我国气候变化、海平面变化、地壳构造运动的变化规律和自然灾变历史演变的韵律性，推测出21世纪初我国重大自然变异的发展态势。

1. 气温的变化

当今处于大理冰期气候的间冰期。经过几次万年尺度的气候冷暖变化，距今12000年气候变暖；在这12000年当中又经历了平均周期2400年的4次冷暖变化，进入距今2400年至现今的第五个气候期；第五个气候期早期温暖，500年前开始变冷。近500年以来，公元420—589年、960—1276年、1470—1520年、1650—1720年、1840年为寒冷期，其延续时间为50～70年；1890年以后气候变暖，1945年后开始变冷，假如其延续时间也为50～70年，则21世纪初将进入温暖时期。

2. 降水量的变化

近500年来的旱涝变化大体可分三个阶段：1479—1691年为干旱期，共212年；1692—1890年为湿润期，共198年；1891年开始的干旱期至今仅110年。如果该变化的周期为200年左右，则今后80～100年仍为干旱期。

在尺度100年左右的旱涝周期中，1475—1520年、1620—1720年为干旱期；1520—1620年、1720—1890年为多雨期；1891年开始又为干旱期。预计21世纪初降水量将有所增加。

20世纪存在30年尺度的旱涝变化周期：1900—1930年、1959—1983年为干旱期；1931—1958年为多雨期。按这一规律，20世纪90年代至2010年为多雨期，2010年以后又为干旱期。20世纪还存在20年尺度周期，其中10年代、30年代、50年代、70年代、90年代多雨；20年代、40年代、60年代、80年代少雨，依此推算21世纪前10年少雨。

分析多种周期的综合效应，21世纪初我国的降雨量可能比20世纪有所增加，但基本上仍处于干旱期。

3. 地震活动

地震活动的韵律性已为大家所公认。最近 500 年来，我国有两个地震活跃期：第一个活跃期为 1480—1730 年，历时 250 年；第二个活跃期从 1880 年开始，将延入 21 世纪。进一步分析，20 世纪地震活动还存在 20 年尺度的韵律变化，其中 1902—1912 年、1920—1934 年、1945—1957 年、1969—1978 年为地震活跃期，从 1988 年开始为第 5 个活跃期，预计将延入 21 世纪初。

4. 海平面的变化

从 10 万年前开始，海平面总体变化态势是波动中下降，海水一直从太行山东麓退至现在的海岸。虽然在这期间历经多次起伏变化，但几次海侵远未达到 10 万年以前海岸的位置。历史上最后一次较大的海侵称沧东海侵，发生在距今 5000～3500 年，之后分别在距今 3500 年、距今 2000～1500 年、距今 500 年发生 3 次较大的海退，使海岸退缩到现在的位置，之后海平面仍处于振荡状态。

1900—1910 年、1918—1928 年、1942—1955 年、1957—1975 年为低海平面时期。20 世纪 80 年代开始，海平面处于总体上升状态，该态势预计将延入 21 世纪初。

(二)人类活动和社会经济因素

人类活动所引起的环境问题已不再是局部性问题；温室效应、环境污染已经在破坏大气层的结构，改变全球气候。当前，人类已面临前所未有的多种挑战。

1. 人口爆炸

世界人口增长的基本特点是，增长速度不断加快，呈爆炸式激增。据统计，1800 年以前，世界人口在 10 亿以下，人口倍增时间 100 年以上，此后世界人口倍增时间缩短到 50 年左右。预测到 2020 年、2050 年世界人口将分别达到 83 亿、98 亿，中国是世界人口最多的国家，预计 2050 年将达到 16 亿。过多的人口势必给世界及我国带来巨大的资源、环境压力。

2. 资源危机

土地是生命之本。然而，由于水土流失、土地沙漠化、土地盐碱化等灾害，土地资源不断遭到破坏。再由于人口急剧增加，城市不断扩大，土地的负荷越来越沉重。再过 20 年，中国人均耕地将不足 1 亩。

作为生命之源的水资源也面临日益严重的危机。中国目前人均水资源不足 2400 km^3，仅相当世界平均水平的 1/4。水资源危机造成地表水域萎缩，地下水位下降，由此引发多种灾害。

森林、草原及其他生物资源的形势也日益严峻。伴随环境恶化，地球生物多样性面临前所未有的考验。

3. 环境恶化

几十年来，世界范围的环境污染日益严重。其基本特点是，由单一污染发展成包括大气污染、水污染、土壤污染、生物污染的综合性生态环境污染，由局部性发展为区域污染，甚至全球污染。

环境污染除了受火山喷发、森林火灾等灾害影响外，主要来源于人类排放的生活、生产废弃物。据有关资料，世界每年排放的有害气体约160亿吨，废水约4200亿吨，此外还有大量废渣以及泄漏的原油等。这些废弃物中含有大量CO_2，CO，NO_2以及烟尘、有机物和汞、砷等有害有毒物质，因此危害人民生活、生产，破坏资源环境，并常造成严重的恶性污染事故。更重要的是，大气污染导致的“温室效应”危害更大。

4. 温室效应

人类活动增加大气中温室气体的浓度，并改变着地球—大气的固有辐射平衡，使大气温度增高，导致区域的和全球的气候变化。IPCC在1995年的评价报告中预测了气候变化对全球温度升高的影响，认为东亚地区气候变化的总体趋势是变暖。

近些年来，根据海洋—气候耦合模式对温室气体引起增暖所作的预测研究有了很大进展，这在IPCC 1995年第二次报告中得到充分反映。根据这份报告，到21世纪末，考虑到大气中CO_2浓度的增加、气溶胶的作用和气候模式敏感性的估计，全球平均温度可能升高1.0～3.5℃，最佳估计为2.0℃。由于温度升高，极地和高山冰川融化，海平面将上升30～90 cm。气候变暖可使气候带北移，引起自然环境变化，首先是土壤和植被的变化，以及植物品种分布的变化和演替。

气候变暖还可导致一系列自然灾害，尤其是极端事件的增加和土地沙化、干旱、沙尘暴、水土流失，部分地区可能引发山洪。我国高山区大部分为干旱区，融水增多可能暂时有利，但可供融化的高山冰雪融化完毕，那时可能会有更严重的旱灾发生。

5. 热岛效应

由于城市的发展，人为的热释放、空气污染和下垫面改变，使城市地区气候变异，突出的表现是温度上升。市区气温高，气流上升，使城市周围空气向城市补给，形成局部的天气系统，可能使城市灾害增多。

二、自然灾变发展态势

(一)气象灾变发展态势

如前所述，从气温的自然周期变化来看，20世纪90年代的高温，至21世纪初期将转为下降，至2040年后再进入新的高温期。由于温室效应的影响，降温过程可能削弱，而升温将更为明显。需要特别指出，进入21世纪气温自然变化的趋势是降温，而温室效应的影响是升温，在这两种相反因子的共同作用下，今后极端天气现象将会增多，忽冷忽热，在短期日冷热的幅度都将达到一个较高的数值。在这种气候条件下，旱涝不均，小尺度大变率气象灾变将随之增多。

近500年来，气温有多次冷暖变化，即1470—1520年、1620—1720年、1840—1890年为冷期；1520—1620年、1720—1840年1890—1945年为暖期，每期平均持续50～100年，由此推算从1945年开始的冷期将持续到20世纪末至21世纪初。1945年以来，尚存在周期不等的气温变化。根据10～20年周期变化，20世纪90年代为气温较高的时期，21世纪初至2010年气温降低，2010年后再度升高，至2050年，加上温室效应的影响可能增温2℃左右。

近500年来，1479—1691年为干旱期，持续了212年；1692—1890年为湿润期，持续了

198年；从1891年开始的干旱期，估计要持续到2091年。所以，现在仍属气候干旱期的后半期。

从降水量百年周期变化来看，现在处于由旱期向多雨期转化的时期。

百年周期内，20世纪我国大范围降水量的变化还有30～40年周期，20世纪初、40—50年代为多雨期，20—30年代和60年代为少雨期，90年代为由少雨向多雨转化的时期。但南北有所差别，且其间还有更小的周期波动。

中国气象局根据近500年我国旱涝地区的分布，划分6种旱涝类型：

1_a型——全国多雨，以长江流域为主；

1_b型——长江流域多雨，华南、华北少雨；

2型——江南多雨、江北少雨；

3型——长江流域少雨，华南、华北多雨；

4型——江北多雨，江南少雨；

5型——全国少雨。

根据统计资料，长江多雨型（1_a型及1_b型）平均3年一遇（30.8%），全国少雨型（5型）平均10年一遇（10.5%）。在每一个旱涝周期中有1型、2型、3型、4型相继出现的现象。

对比气温的变化，我国大范围气候有按一定顺序变化的规律：湿冷—干暖—干冷—湿暖—湿冷，循环周期约40年。近百年来，我国冷暖、干湿交替变化如下：

1910—1919年湿冷；

1920—1929年干暖；

1930—1939年干(冷)；

1940—1949年湿暖；

1950—1959年湿冷；

1960—1969年干(暖)；

1970—1979年干冷；

1980—1999湿暖。

据此推测，2000—2010年为干暖，降水为lb型特征，即长江流域多雨，华南、华北少雨。国家气象局蓝皮书预测，1990—2000年全国多雨型的概率为3/11，长江多雨型的概率为5/11，南多北少型的概率为2/11，长江流域少雨型的概率为1/11，北多南少型及全国少雨型的概率为0。总的形势是，长江流域仍将多雨，北方比20世纪80年代雨量增加，东北西部、北部比东部、南部多雨。据此外推，2000年以后将转向少雨，2010年后将转向多雨。

根据近500年旱涝平均等级（1级为涝，2级为偏涝，3级为正常，4级为偏旱，5级为旱）与太阳活动11年周期的关系分析，1991—2000年大致处于太阳第22周期的黑子高值位相到第23周期黑子高值位相之间，1991—1995年的平均旱涝等级为2.4，1996—2000年的平均旱涝等级为2.0，即20世纪90年代后期以多雨为总趋势，进入21世纪初降雨将偏少。

中国气象局征询了全国46位长期从事气候预测的专家的意见，归纳起来，认为至2000年气候变冷的占53%，变暖的占47%；认为北方降水增多的占46%，减少的占41%；认为从全国范围看（不包括西南地区）降水增加的占50%，降水减少的占33%；认为21世纪增温的占88%。总之，20世纪90年代后我国可能处于一个冷温阶段（北方为暖温），2030年以后气候将明显变暖，从20世纪90年代至21世纪初的20多年恰好经历一个气温从冷至暖的变化周期。

总的降水量从 60 年以上的长周期来看略有增多，但从 10～20 年周期变化来看又可能有所减少，变化率小于 10%。多数专家意见认为，到 2000 年北方有可能增水 5%，而南方没有多大变化。根据降水变化趋势推论，2000 年以后降水又将减少。这样，1985—2015 年和 1970—2030 年，恰好为一个少雨—多雨—少雨的 30 年周期和 60 年周期。因此，20 世纪末 21 世纪初总的降雨形势是降雨比 20 世纪 80 年代有所增多。

1995—2010 年处于太阳黑子世纪周期下降段与 10 年活动第 23 周期低值相位与第 24 周期的高值相位之间，将进入湿润多雨的阶段。从更短的周期活动来看，2008 年前后发生洪涝的可能性更大，2005 年发生干旱的可能性更大。

上述各方面意见尽管有分歧，但多数意见认为今后降水量总的变化趋势是增多，20 世纪末达到高峰，到 2000 年开始减少，2005 年左右降至低谷，之后又将增多，2010 年后为多雨期。在地域上，主要降水区仍然在南方，为洪涝灾害多发区，新疆西部降雨将有增多的趋势。

（二）地震灾变发展态势

地震具有比较典型的周期性活动特点。我国关于地震的记载已有几千年历史，但较系统连续的地震记录在中国东部始于 1450 年，中国西部则始于 1900 年前后。已有的历史地震资料显示，我国地震活动强弱交替，形成不同时间尺度的地震期、地震幕。不同地区地震期和地震幕的次数、起止时间、地震活动强度虽然不尽一致，但所反映的中国大陆地震活跃与平静的交替规律相似。16—17 世纪和 20 世纪以来地震活动比较强烈，15 世纪、18—19 世纪地震相对平静。最近 500 年来，我国有两个地震活跃期：第一个活跃期为 1480—1730 年，历时 250 年；第二个活跃期从 1880 年开始，将延入 21 世纪。20 世纪以来，地震活动强弱交替，形成 5 个活跃幕：1902—1912 年，1920—1934 年，1945—1957 年，1966—1978 年，1988 年至今。在这些活跃幕期间发生多次破坏损失特别严重的强烈地震，如 1906 年 12 月 23 日新疆玛纳斯 8.0 级地震；1920 年 12 月 16 日宁夏海原 8.5 级地震；1927 年 5 月 23 日甘肃古浪 8.0 级地震；1931 年 8 月 11 日新疆富蕴 8.0 级地震；1950 年 8 月 15 日西藏察隅 8.6 级地震；1966 年河北邢台 7.2 级地震；1970 年 1 月 5 日云南通海 7.7 级地震；1976 年 7 月 28 日河北唐山 7.8 级地震；1988 年 11 月 6 日云南澜沧耿马 7.6 级地震；1996 年 2 月 7 日云南丽江 7.3 级地震；2001 年 11 月 14 日昆仑山口 8.1 级地震。

根据我国地震活动规律，百年周期的地震活动已从 20 世纪末的最高峰趋缓，但是并不平静。从大约 20 年的地震活动周期来看，1988 年开始的地震活跃幕也将延入 21 世纪初期，而后转入相对平静幕，经过 10 年左右，于 2010 年前后再次进入活跃幕。因此，从总体上看，今后时期我国大陆地震灾害仍比较严重。其基本特点是：在中强地震频繁发生的同时，还有发生多次 7 级以上强烈地震的可能；在中国西部地震强烈活动的同时，在人口和城镇密集的东部地区也有发生强烈破坏性地震的可能；由于人口持续增长，城市化加快，房屋、铁路、公路及水利、电力等工程设施的迅速发展，今后时期地震灾害造成的人口伤亡和财产损失将增加，对社会经济的影响日益严重。

（三）台风与风暴潮发展态势

近 50 年来，风力 8 级和 8 级以上的热带风暴平均每年在我国登陆 6.9 个，其中风力等于和大于 12 级的台风登陆 3.2 个；平均每年发生风暴潮 2.4 个，其中浪高等于和大于 3 m 的风

暴潮0.2个。重灾年分别为1952—1953年、1956年、1960—1961年、1967年、1971年、1980年、1985年、1989—1990年、1994—1995年。

台风和风暴潮发生频次呈现较强烈的周期性特点，而长期趋势性变化不明显。但由于近年来沿海地区人口增加，社会经济迅速发展，尽管台风和风暴潮的发生频次没有增加，但破坏损失程度急剧增长。

今后时期，台风和风暴潮灾害仍继续保持上述态势：每年登陆热带风暴一般5～10个，风暴潮1～5次；重灾年登陆热带风暴10～15个，风暴潮5～8次。由于人口和经济的继续增长，灾害的破坏损失程度将持续增加，每次直接经济损失几十亿元到几百亿元，特别强烈的灾害可能造成近千亿元的损失。

(四)地质灾变(崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷、地面沉降、地裂缝)发展态势

这些灾害除受气候和构造活动影响，而具有强弱交替的不规则周期性特点外，受人为活动影响而表现出明显的不断增强的趋势。特别是近20年来呈急剧发展态势，每年造成严重破坏损失的崩塌、滑坡、泥石流重大成灾频次由原来的10～20次增加到40次以上，重灾年超过100次；地面沉降城市由原来的不足10个增加到70个；地面塌陷和地裂缝由原来的几百处增加到几千处。

预测今后时期这些地质灾害将继续发展，不但对人民生命财产造成更严重的损失，而且产生更加广泛的危害。特别是破坏资源环境，加剧水土流失以及洪水、风暴潮等灾害，使防洪、防潮以及防治水土流失等更加困难。

三、21世纪初期重大自然灾害态势

目前，对整个亚洲的重大自然灾害发展态势尚缺乏全面的研究。由于中国不仅地域广大，而且灾害严重，因此中国重大自然灾害的发展态势，在亚洲是有代表性的。

(一)21世纪初期中国自然灾害发展的主要特点

1.21世纪初期中国自然灾害进入严重时期

近几十年来，中国自然灾害在轻重交替中呈不断发展态势，这种趋势延入21世纪初期，从而使这一时期成为新的自然灾害的重灾期，出现巨灾的可能性很大。这一特点的形成原因除多数自然灾害可能趋于活跃外，主要是人口的进一步增长和经济的持续增长给资源环境造成更大的压力。这一时期，中国减灾事业将得到空前发展，但仍落后于经济增长和社会发展；加上近几十年来许多地区的土地、水以及河湖、海洋环境迅速恶化，使防灾抗灾难度越来越大，甚至面临许多深层次的矛盾。

2.旱涝交替，在水灾威胁严重的同时，干旱缺水将成为最严重的灾害与社会问题

今后时期，我国洪水和干旱仍然是最重要的自然灾害，它们的发生频率最高，基本上是非旱即涝，或者是旱涝并发、连旱连涝；而且除常规性旱涝灾害外，特大洪水和特大旱灾发生的概率增加。对洪水灾害防治的难度越来越大，巨灾风险严重。旱灾将持续发展，越来越多的地区将发生日益严重的水荒。水资源将成为21世纪我国最严重的问题，对农业、工业以及人民生活造成广泛的危害，严重障碍我国社会经济发展。

3. 地震活跃,其他自然灾害呈发展态势

今后时期,我国地震活动仍比较活跃。在中小地震频繁发生的同时,大地震随时可能发生;在西部地区地震继续活动的同时,东部地区亦有发生强烈地震的可能。因此,存在一定的巨灾风险。

其他自然灾害活动仍将频繁发生。台风和风暴潮灾害虽然发生频次不会明显增多,但会对沿海地区造成更加严重的破坏和损失。地质灾害呈持续增长趋势,其破坏作用将趋于严重。农、林病虫害,赤潮等灾害亦呈增长趋势。

4. 自然灾害相互影响作用加强,与环境关系更加密切

自然灾害的相互影响作用加强,从而进一步加剧灾害的破坏损失程度,增加了巨灾风险和防灾减灾难度。例如,洪水加剧水土流失和崩塌、滑坡、泥石流,崩塌、滑坡、泥石流反过来又加剧了水土流失和洪水灾害;旱灾加剧了风灾、沙尘暴等灾害,风沙反过来又促使旱灾的发展。多种自然灾害相互作用,恶性循环,使防灾减灾空前困难。

5. 自然灾害的破坏作用更加广泛,造成的损失更加严重

由于人口膨胀,经济增长,今后时期自然灾害造成的破坏损失将越来越严重。预计未来10～20年期间,每年自然灾害造成的直接经济损失一般在2000～3000亿元人民币,重灾年达3000～5000亿元人民币,特重灾年要达5000亿元人民币以上。伴随着社会经济发展和减灾能力的提高,自然灾害造成的相对经济损失继续缓慢下降,全国直接经济损失与GDP的比值一般为2%～3%,重灾年预计为3%～5%,特重灾年预计为5%～8%。全国受灾人口一般年份占总人口的30%左右,重灾年和特重灾年达30%～50%。

随着我国各项事业的全面发展,自然灾害将造成更加广泛的破坏,危害对象除广大农村和农业生产外,城市和交通、水利、电力、通信等工程设施将成为自然灾害的重要破坏对象,因此工业、交通运输业等将受到严重影响。除造成更加严重的直接损失外,还将造成十分巨大的间接损失,预计间接损失将达到直接经济损失的数倍。

6. 自然灾害对资源和环境造成深远破坏,危害社会经济可持续发展

各种自然灾害除对人民生命财产和产业活动造成危害外,还对森林、植被、土地、水、草原、河湖、海洋等资源和生态环境造成广泛破坏。例如,一些地区的崩塌、滑坡、泥石流、地面沉降、地面塌陷等灾害的直接破坏作用并不特别严重,但对资源环境产生持续性影响,因此导致多种环境问题。

此外,自然灾害不但对现实经济增长产生直接的危害,而且对社会经济可持续发展产生更加深远的影响。

7. 不同地区自然灾害的活动程度和危害特点不同,地区差异性显著

根据自然灾害的活动程度和危害特点,可大致将我国分为5种类型或地区。

城市。主要是地震、洪水、干旱缺水,其次是台风、风暴潮以及崩塌、滑坡、泥石流和地面沉降、地面塌陷、地裂缝灾害。城市减灾系统比较完善,能抵御一般性灾害,如一旦超过城市防灾能力,就将造成巨大人口伤亡和财产损失。

东部沿海地区。主要是洪水、台风、风暴潮灾害,其次是地震、旱灾和地面沉降、海水入侵

等灾害。灾害种类多，活动频繁，通常造成比较严重的人口伤亡和财产损失。

东部内陆地区。主要是洪水和旱灾，其次是地震和寒潮、冷冻、风雹等气象灾害和崩塌、滑坡、泥石流等地质灾害。主要危害农业生产和工程设施，通常造成比较严重的人口伤亡和一定的财产损失。

西北内陆地区。主要是旱灾，其次是地震、风雹、沙尘暴、雪灾等灾害。除主要危害农牧业生产，造成一定的人口伤亡和财产损失外，对区域生态环境造成严重的破坏。

青藏区。主要是雪灾、风雹、地震等灾害。除直接危害牧业生产，造成人口伤亡和财产损失外，还破坏区域生态环境，从而对东部地区产生间接危害。

(二)对可持续发展可能造成严重影响的巨灾风险

巨灾是指对人民生命财产造成特别巨大损失，对区域或全国经济产生严重影响的自然灾害事件。它的基本特点是灾害活动规模、强度巨大，或者持续时间漫长，大大超过现有防灾工程的防御能力。

据统计，巨灾事件可使受灾面积达一省或几省以至十几个省(区、市)的几十个县(市)，受灾人口达几千万人或1亿人以上，死亡上千人或数万人，倒房屋几百万间或上千万间，几百万人或上千万人无家可归，生活严重困难，发生严重疫病，经济损失百亿元以上；农业生产受到严重破坏，几百或上千万公顷农作物受灾；铁路、公路、桥梁、电站、水库、堤防以及电力、通信、矿山等工程设施大量破坏，成千上万企业停产、半停产，交通中断；资源环境受到严重破坏，甚至江河断流、湖泊干涸；当年及次年、后年的产值、财政收入、个人收入明显下降；可持续发展能力削弱；社会矛盾激化，甚至造成严重的社会混乱。

新中国成立以来，随着社会经济的持续发展，综合减灾水平逐渐提高，但从总体上看，防灾能力很有限，目前只能防御一般性灾害。今后时期，虽然综合减灾水平还将进一步提高，但在短期内难以达到较高水平，特别是防御巨灾的能力不但明显不足，而且由人口持续增长、城市化进一步发展、自然条件变异和环境恶化等因素，巨灾风险甚至有增无减。基于这种情况，在认识我国自然灾害发展态势的基础上，专门分析巨灾发生的条件与风险程度，在全面发展减灾事业的同时，特别加强巨灾风险防范，对于保障社会稳定和经济安全，推动改革事业不断深入，促进可持续发展，具有重要的现实作用和深远的长久意义。

1. 中国最大的巨灾风险是特大洪水、大地震和大面积持续干旱

我国最可能发生的巨灾主要是特大洪水和大地震。历史上曾多次发生过洪水、地震巨灾，给亿万中国人民造成巨大灾难，有的还激化社会矛盾，导致饥荒、战乱，以至政权更迭。

例如，1938年6月9日，为阻止侵华日军南下，国民党军队在河南中牟县赵口和郑州花园口将黄河大堤决溃，使黄河改道泛滥达9年之久。河南、安徽、江苏44个县(市)、130多万公顷耕地受灾，灾民达1250万，89万人死于水淹、饥荒、疫病，直接损失达11亿银元。形成5.4万平方千米的黄泛区，耕地荒芜，人民流离失所，给战乱中的中国人民又增添了一重灾难。再如，1556年1月23日发生在陕西华县的8.0级地震，造成83万人死亡，除陕西的渭南、华州、朝邑、三原、蒲州的数十个县严重受灾外，山西、河南部分地区亦遭受破坏损失。

新中国成立以来，虽然防灾、抗灾、救灾工作得到全面发展，但巨灾仍然不断。例如，1954年夏季江淮流域特大洪水，湖北、湖南、江西、安徽、江苏、河南167个县(市)的2000多万人受

灾，受灾农田达 450 万公顷，死亡 36000 人，京广铁路 100 天不能正常通车，农业生产和工业、交通运输业受到严重破坏，粮食产量和工农业产值受到明显影响，给正在恢复的新中国经济以沉重打击。再如，1976 年 7 月 28 日河北唐山发生 7.8 级地震，不但使唐山市顷刻之间化为废墟，而且灾害波及天津、北京以及山东、山西地区，造成 24.2 万人死亡，16.4 万人重伤，铁路、公路中断，导致全国粮食、钢铁产量和工农业产值下降，使我国经济发展受到严重影响。

除特大洪水和大地震外，持续性大面积旱灾也会对经济安全和社会稳定造成巨大威胁。例如，1637—1642 年（明崇祯十年至崇祯十五年）连续大旱，甘肃、陕西、山西、河北、河南、山东、江苏、安徽、湖北、湖南、江西等十几个省赤地千里，川竭井涸，几近绝收，旱灾、蝗灾、瘟疫相伴，饿殍遍野，死者无数。严重饥荒促使社会矛盾空前激化，引发李自成等农民起义，并使明王朝灭亡。新中国成立以来，旱灾仍然严重危害国计民生。例如，1959—1961 年我国持续发生大面积严重旱灾，华北、西北和东北、华中、华南、西南二十几个省（区、市）不同程度遭受旱灾。每年农作物受灾面积 330 万公顷以上，加上其他因素，全国发生春荒、夏荒人口 1 亿～2 亿人，数百万人外流，因饥饿、营养性疾病等非正常死亡人数累计达 100 多万人，国民经济和人民生活严重困难。

除洪水、地震、旱灾外，特大台风、风暴潮有时也会造成巨大生命财产损失，从而对地区经济产生严重破坏。例如，1997 年 11 号台风使 8 个省的 291 县（市）的 6735 万人、602 万公顷农作物受灾，直接经济损失超过 500 亿元。

综上所述，我国巨灾风险以特大洪水为首，其发生概率为十年到几十年发生 1 次；其次是大地震，几十年或上百年发生 1 次；再次是持续性大面积旱灾，几十年发生 1 次；特大台风、风暴潮也会造成巨灾，几十年或百年发生 1 次。除了单一灾害外，两种或两种以上灾害同时发生（如特大洪水伴随大地震或特大台风、风暴潮；特大旱灾伴随大地震等），或者特大灾害连续交替发生（如连续特大洪水或特大洪水与特大干旱交替），则大大增加巨灾发生的概率和程度。

2.21 世纪初中国可能出现的主要巨灾高风险区

巨灾高风险区分布在特大灾害活动频繁，而且城镇、人口高度密集的东部地区。主要有下列 11 个地区。

（1）嫩江、松花江流域的齐齐哈尔—大庆—哈尔滨地区。巨灾风险主要为特大洪水。

（2）辽河下游的开原—沈阳—盘锦—营口地区。巨灾风险主要为洪水，其次为地震。

（3）北京—天津—唐山地区。巨灾风险主要为地震和洪水，其次为严重干旱缺水。

（4）黄河下游地区。主要巨灾风险为洪水。

（5）淮河、长江下游、杭嘉湖地区。主要巨灾风险为特大洪水，其次为特大台风、风暴潮和地震。

（6）江汉平原和洞庭湖、鄱阳湖平原地区。以武汉、荆州为中心的江汉平原和以津市、常德、益阳、岳阳为中心的洞庭湖平原地区及鄱阳湖周边地区巨灾风险为特大洪水。

（7）四川盆地。巨灾风险为特大洪水。

（8）珠江三角洲地区。巨灾风险主要为特大洪水，其次为强台风、风暴潮和地震。

（9）以西安为中心的渭河平原地区。巨灾风险为大地震。

（10）以昆明为中心的滇中地区。巨灾风险为强烈地震。

（11）闽南漳州—厦门—泉州地区。巨灾风险为地震和台风、风暴潮。

上述 11 个地区虽然都是巨灾风险区，但程度不尽一致：北京—天津—唐山地区，淮河、长江下游和杭嘉湖地区，珠江三角洲地区不但特大灾害种类多，而且城市密集，所以巨灾风险最大；黄河下游地区，辽河下游地区，江汉平原和洞庭湖、鄱阳湖平原地区次之；齐齐哈尔—大庆—哈尔滨地区，四川盆地，渭河平原，滇中地区，闽南厦门—漳州—泉州地区再次之。

3. 水资源危机及我国北方持续干旱化

如前所述，21 世纪我国最严重的自然灾害是干旱和洪涝，是影响我国可持续发展的重大制约因素。但是，也应该看到洪水有“害”的一方面，也有有“利”的一方面，中华民族的繁衍生息都与“水”分不开，至少 80%以上的人都居于冲积平原或冲积扇上，洪水可改变久旱的局面，洪水可减轻水质及土壤污染。水旱相比，现今对我国危害最大的乃是干旱缺水。

人类和千千万万的物种都依赖淡水的哺育。但在 21 世纪初，因为人口增长、不合理使用和污染水资源，地球的生命之源被逐渐榨干。缺水造成疾病滋生，粮食歉收，甚至战争重起。拯救淡水资源，拯救地球，就是拯救人类自己，鉴于此，2003 年被联合国定为国际淡水年。

近几十年来，我国北方水资源形势日趋严重，特别是西北和华北地区连年干旱，对农业、工业以及人民生活、城市发展和生态环境造成严重危害。据预测，未来时期，中国北方区域气候将进一步趋于干旱，天然水资源可能进一步减少；与此同时，伴随人口增长、城市扩大、经济发展，需水量将进一步增加。因此，水资源形势更加严峻。如不采取有效措施，21 世纪中期，我国的干旱区有可能扩展至长江流域，西部大开发战略及北方的可持续发展战略将难以实施，并可能引发更严重的社会问题。

我国的干旱少雨期和湿润多雨期是交替发展的，近 500 年来我国北方干旱化的趋势更加明显，绿洲减少，沙漠扩大。近 500 年来，1475—1691 年是一个为期 200 年的干旱期，1628—1644 年发生了千年一遇的大旱，旱区遍及中国华北、西北，以后又扩展到中南、华东地区。赤地千里，川竭井涸，颗粒不收，民不聊生，终至造成农民起义，明朝灭亡。之后，为近 200 年的湿润多雨期，19 世纪末又开始了新的干旱期，1876 年、1877 年、1879 年三年大旱，因旱灾饥饿死亡达 1300 万人。如果这一干旱期也为 200 年，则干旱缺水的态势将要延至 21 世纪末。

20 世纪为比较干旱的时期，其中 20 世纪初、40 年代、60 年代、80 年代更为干旱。1920 年华北、西北大旱饿死 50 万人。1928—1929 年西北、华北、中南大旱，仅陕西、甘肃两省就死亡 480 万人。1942—1943 年黄河流域大旱，饿死 50 万人。

新中国成立以来，发生了多次旱灾，平均每年受灾农作物 667 万公顷以上，重灾年达到 2667 万公顷以上，减产粮食数量达 3000 万吨，工业产值减少几十亿元到几百亿元，许多湖泊干涸，河流断流，全国 668 个城市中有 401 个城市缺水，300 个在北方。由于多年缺水，北方地下水位不断下降，导致了地面沉降、海水入侵等灾害；风灾加剧，土地沙漠化扩展。

由于旱灾周期性的出现，加之人口增长、工农业发展和生态环境恶化，估计 21 世纪如不采取有效的抗灾措施，旱灾的影响程度将比 20 世纪更重，将成为经济建设、社会可持续发展和西部大开发战略实施的重大不利因素，甚至影响到部分地区人民的生存。

4. 黄河洪水风险

过去黄河三年两决口，是我国北方最大的危害之一，新中国成立以来，由于加强了对黄河的治理和长期降水的偏少，50 多年来没有发生大洪水，然而洪水的风险依然存在，泥沙淤积是黄河下游洪水危害的根本原因。现行河道自 1855 年改道行河以来已 100 多年。特别是自

1982 年以来，黄河下游没有发生过大洪水，枯水少沙，泥沙大部分淤积在主槽内，河槽萎缩，断面缩小，排洪能力下降，下游河道同流量水位不断提高，目前黄河下游河段形势严峻，悬河长达 300 多千米。过去正常水量情况下，黄河携带的泥沙有 30%淤在槽里，70%淤在滩上。近年来由于径流减少，有 90%淤在槽里，造成“槽高、滩低、堤根洼”的二级悬河。假如今后黄河再出现洪峰，极易发生斜河、横河、滚河的现象，使堤防冲决的概率加大。历史上黄河流域的干旱期与多雨期交替出现，而且多雨期内常常会出现较大洪水。20 世纪 90 年代以来，我国进入洪水多发期，洪水波及除黄河流域以外的全国各大江河。黄河流域在经历了 70 年代、80 年代和 90 年代初的相对干旱期以后，不能完全排除进入多雨期的可能。

据统计资料分析，历史时期往往在长江发生大洪水后 1～4 年，黄河多发生大洪水。长江于 1658 年、1839 年、1853 年、1931 年、1954 年大洪水后，黄河流域于 1662 年、1841 年、1855 年、1933 年、1958 年都发生了大洪水。长江 1998 年发生了大洪水，近期黄河流域是否有发生大洪水的可能，是需要密切关注的。

5. *北方沙漠化和南方石漠化*

我国现有沙漠化土地共计 174.7 万 km^2，约占国土面积的 18%，且以每年约 2460 km^2 的速度在增长。

土地沙漠化不仅对土地资源造成严重破坏，使我国耕地质量不断下降，数量不断减少，而且严重破坏生态环境，造成更加深远的影响。

由于 21 世纪初仍处于干旱时期，北方降水可能进一步减少，南水北调数量有限，所以土地沙漠化将严重影响淮河流域以北的地区，有可能成为可持续发展的重大制约因素。

与此同时，由于森林植被严重破坏，加之旱季干旱，雨季多暴雨、山洪，在中国南方一些无森林植被保护的地区，水土流失异常严重，其结果又进一步影响了植物生长，导致水土流失更为加剧。如此恶性循环几十年，使南方一些地区陡坡地带几乎寸土不留，寸草不生，形成石漠化。目前，石漠化以滇、桂、黔喀斯特地区最为严重，面积已达 1 万多平方千米，其中贵州以每年 1800 km^2 的速度在发展。

石漠化灾害还是水旱灾害的严重诱发因素。石漠化严重的地区旱涝灾害频率明显增加，是这些地区贫困的重要原因，是全面建设小康社会的严重障碍。

第二节　应对亚洲巨灾的对策建议

一、建设亚洲巨灾研究中心

亚洲是世界自然灾害最严重的地区，约占世界灾害总数的 1/3，主要灾种是干旱、洪涝、地震和热带气旋。中国、印度大约 5 年发生 1 次大旱，印度、孟加拉国及中国平均每 2 年发生 1 次较大洪涝灾害。日本是世界上地震最频繁的国家，平均每天发生 1 次。20 世纪死亡人口 10 万人以上的或直接经济损失 10 亿美元以上的地震灾害有 1/3 发生在中国和日本。孟加拉国、日本是世界上台风及海洋灾害最为严重的国家之一。东南亚地区是地震、火山灾害集中的地带，印度尼西亚是世界上活火山最多的地区，达 100 多座，20 世纪平均每年火山喷发 6 次。

亚洲巨灾往往构成灾害链、灾害系统，因此减轻亚洲巨灾是一项系统工程，需要根据各国的具体灾情和国情，综合研究亚洲巨灾事件的发生发展规律，圈定巨灾风险区，共同建设适宜各国需求的巨灾预测预警机制，制定防灾应急协调规划。因此，有必要在有关国家政府支持下，组建亚洲巨灾研究中心。

（一）主要任务

1. 推进亚洲区域减灾合作，按照“小核心、大网络”的基本框架，建立亚洲巨灾研究中心

（1）建立亚洲巨灾信息共享平台和网站；
（2）开展巨灾形成机制模拟仿真实验；
（3）开展巨灾防御和应急响应仿真实验；
（4）巨灾风险管理模拟实验；
（5）开展亚洲减灾政策和合作机制研究，制定应对巨灾的战略和政策。

2. 对中国巨灾减灾工作提供咨询

（1）开展热带气旋、干旱、地震等巨灾灾害链发生机理、活动规律及次生灾害关系研究，开展灾害模拟；
（2）进行巨灾灾情调查，建立中国巨灾数据库和信息系统；
（3）调查评估中国巨灾防灾能力，加强防灾基础能力建设；
（4）建立健全应对巨灾风险的体制、机制和政策措施，制定“长三角”、“珠三角”、“环渤海”等巨灾高风险区巨灾应对预案，开展应急演练；
（5）建立适合我国国情的巨灾保险和再保险体系，稳妥推进农业保险试点；
（6）举办各种形式的培训班、学术交流会，兴办学术刊物，编写专论，提高全民防范巨灾的理论水平和技能。

（二）主要研究内容

1. 制定巨灾等级标准和灾度等级标准

（1）巨灾灾变等级标准。应用于预警应急防灾，根据国际标准统一制定；
（2）巨灾灾度等级标准。根据灾情，参考亚洲各国及国际标准制定。

2. 巨灾事件及灾情调查

（1）制定巨灾灾变等级标准和巨灾灾度等级标准；
（2）巨灾事件及灾情调查内容有发生时间、地点、范围、过程、防灾措施、损毁情况、灾害损失、社会影响等；
（3）调查资料综合后形成巨灾时序分布、巨灾空间分布、巨灾次生灾害和灾害链，建立巨灾事件综合数据库；
（4）建立巨灾信息采集与处理系统、国际间巨灾信息传输系统。

3. 建立巨灾评估体系

（1）制定巨灾评估标准；

(2)评估灾变等级;

(3)进行亚洲巨灾损失仿真基础问题研究,包括区域易损性研究,不同种类、不同灾变等级的灾害损失率评估,不同种类、不同等级区域灾害损失预评估,建立巨灾损失评估模型和建立灾害等级—区域损失曲线,研究建立巨灾损失快速评估、预评估方法和模型,评估巨灾损失,建立巨灾数据库,编制巨灾损失区域分布图等。

4. 建立亚洲巨灾信息系统

(1)建立亚洲巨灾数据库,收集20世纪及更长时间巨灾基础数据和灾例,内容包括发生时间、地点、范围、强度、过程、防灾措施、损毁情况、灾害损失、对社会影响等;

(2)建立快速传递系统,开展亚洲区域巨灾信息交流。

5. 研究亚洲巨灾分布规律

(1)以地理信息系统为基础,编制亚洲巨灾分布图;

(2)编制巨灾发展态势图;

(3)编制巨灾时序图;

(4)在以上工作的基础上,结合亚洲自然地理环境轮廓,研究亚洲巨灾空间分布规律,结合太阳活动、地壳运动、海洋与大气活动变化周期,研究亚洲巨灾时间分布规律。

6. 研究亚洲巨灾形成机制

(1)以地球系统科学为指导,在全面研究天、地、水、气异常变化的基础上,探索巨灾灾害源和巨灾灾害链之原生灾害的形成机制;

(2)根据构造系统、海洋系统、气候系统的变化规律,探索巨灾发展演变规律;

(3)参考社会易损性研究巨灾的破坏效应,包括人员伤亡、经济损失、影响社会发展、破坏环境等;

(4)亚洲区域防灾能力评估和减灾作用研究。

7. 亚洲巨灾发生发展规律研究与发展趋势预测

(1)开展巨灾致灾因子综合监测,建立国际监测信息共享平台;

(2)巨灾发生规律研究;

(3)巨灾发展规律研究,包括巨灾发生和扩展路径、破坏损毁过程,次生灾害和灾害链的形成与发展,重点是热带气旋灾害链、地震灾害链、干旱灾害链等;

(4)巨灾灾变形成机制研究;

(5)巨灾发展趋势预测。

8. 建立亚洲巨灾综合减灾互动机制

(1)研究巨灾发生发展规律,根据各国对巨灾的监测预测,向巨灾灾害链下游国家和地区提出灾害预警;

(2)研究区域灾害承载力,根据各国巨灾预报所提供的灾害强度、灾害影响范围,对区域灾害风险进行预评估,为防灾救灾提供参考资料。

9. 巨灾预警和应急

(1)接收灾害监测、预测综合信息,研究确定巨灾发生的地点、路径和影响范围及程度;

(2)进行区域灾害损失快速预评估；

(3)根据区域灾害损失、减灾能力、可接受灾害程度，评估灾害风险等级，发布预警信息；

(4)提出防范巨灾对策建议，建立亚洲巨灾减灾联合机制，面向世界进行灾害应急的国际合作。研制巨灾应对预案，通过中心平台提供给受灾国家参考。

10. 其他

巨灾的恢复重建。同时，研究巨灾防灾救灾经验教训，举办各种形式的培训班、学术交流会；兴办学术刊物，编写专论，共同提高亚洲各国防范巨灾的理论水平和技能。

二、建设亚洲巨灾灾害链的预测预警系统

(一)建设亚洲巨灾预测预警系统

巨灾事件常常引起灾变链与灾害链，使亚洲多个国家和地区受害，因此需要共同努力，协调应对。首先要共同建设亚洲巨灾灾害链的预测预警系统。其中，最重要的是亚洲地震灾害链预测预警系统和亚洲台风灾害链预测预警系统。地震灾害链系统包括东亚地震灾害链的预测预警系统和南亚灾害链的预测预警系统。

(二)构建巨灾监测系统

1. 巨灾事件监测系统

巨灾事件监测是防灾减灾的基础和前提。需要努力建设包括地面观测、空间观测、海洋观测等新一代多学科综合立体观测系统，逐步实现各学科之间的有机交叉与融合观测，提供地域范围更广、内容更丰富多样、时空分辨力更高、时效性更强的基础观测数据，为最大限度地减轻灾害提供技术支撑。

2. 巨灾前兆监测系统

当代地球科学的发展趋势更强调"系统论"思想，即把地球作为宇宙中太阳系的一个行星来认识，研究整个地球的结构、演化过程和动力学机制；视地球为地核、地幔、地壳以及岩石圈、大气圈、水圈、生物圈等组成并相互作用的一个整体系统。因此，需要对与灾变有关的各种前兆现象进行综合监测，系统分析。以地震为例，地震源于地应力活动，地应力活动不仅可以引起地质构造活动，并导致诸多地球物理现象，而且从地质系统整体观来看，由地壳运动引起的地球化学异常，地下放水、放热、放气现象，地下水活动异常，甚至相伴而生的生物异常、气象异常、海平面变化等都可作为地震的"前兆"，是预测地震的重要依据(图 4-1)。特别是，由地壳运动力推动下的气象异常、生物异常、海平面变化、地下水活动甚至地球化学异常都有可能早于固体地球形变、断裂活动和地震的发生，因此对地震预测而言，可能具有更重要的意义。

经过 20 多年对地震分布规律和活动规律的综合研究，提出了地震预测整体观和地震前兆综合监测、综合分析的思路。

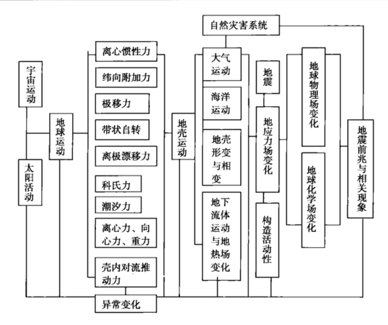


图 4-1 地震前兆系统示意图

3. 多象立体综合监测系统

越来越多的资料说明，地震和各种自然灾变都不是孤立存在的，它们常常形成自然灾变链、自然灾变群、自然灾变系统。自然灾变系统是由气象灾变系统、海洋灾变系统、地质灾变系统、生物灾变系统所组成。因此，为了研究巨灾的发生发展规律，需要对天文、大气圈、海洋圈、岩石圈、生物圈的多种信息进行多象立体综合监测，当然是主要利用其他部门的监测网络。

（三）构建巨灾风险预测系统

进行巨灾事件监测和巨灾前兆观测是认识巨灾风险的关键性手段，需要重视与充分利用天文、地质、气象、海洋、水文等相关监测资料，做到数据共享，综合分析，在全面了解巨灾及自然变异的正常背景场及其变化趋势的基础上，进行更为确切的巨灾预测。要求建设不同级别的观测信息实时监控系统；构建巨灾预测研究开放平台；强化巨灾预测预警关键技术研究；深化经验性巨灾预测研究，发展巨灾综合预测模式与预测技术，开展数值巨灾预测方法研究，稳步提高巨灾预测的科学性和准确性。

关于预测巨灾风险的基本程序和方法已经有了初步的思考，简介如下：

(1)以巨灾预测整体观为指导，进行巨灾发展趋势宏观预测。巨灾的发生归根到底是地球的运动和变化，地球变动的整体性表现在各个圈层自然变异的同步性，其中超前巨灾出现者，是巨灾宏观预测的重要依据；地球变动的韵律性，表现在自然变异的有序性、周期性、准周期性，因此巨灾活动的有序性外延，成为巨灾发展趋势预测的重要方法。

(2)以地球系统整体观为指导，进行巨灾风险区预测。为了预测更为具体的巨灾风险区，在巨灾发展趋势宏观预测的基础上，需要进行致灾环境及其控制因素分析，确定潜在巨灾区。

三、研究圈定亚洲巨灾风险区

巨灾风险具有自然和社会双重属性。从巨灾风险的自然属性看，灾害的发生是不可避免的自然现象，但从地震风险的社会属性讲，虽然灾害的发生无法避免，但人类可以通过减少受灾体的数量和增强对灾害风险的适应和承受能力（如防灾、备灾、抗灾和救灾等能力的提高），降低灾害对人类社会的危害程度，从而减少巨灾风险。近年来国内外的巨灾风险管理与减灾实践表明，在人类无法控制灾害发生，甚至还不能完全准确地对灾害风险进行预测和预警的条件下，通过对巨灾风险的综合评估，编制不同空间尺度的巨灾风险分布图，辨识高风险区，不但可以为各级政府更为有效地指导防灾减灾提供科学依据，而且也可以更有效地为规划社会经济发展、开发利用土地资源、建设重大工程项目、进行区域环境评估、确定区域灾害保险费率等方面提供决策技术支持，从而保障国家和地区社会经济的可持续发展。

（一）研究编制巨灾风险系列区划图

巨灾风险系列区划图是反映区域巨灾危险性、危害性、风险性和重大承灾体分布、防灾减灾能力等区域差异性的图件，是制定国家与地区防灾减灾预案和指导灾害应急行动的基础图系，主要包括：

（1）巨灾危险性区划图，是反映巨灾危险程度区域差异性的图件；

（2）巨灾危害性区划图，是反映巨灾所造成的损失区域差异的图件；

（3）巨灾风险区划图，是根据各地巨灾风险的大小编制的区划图，地震灾害风险区划图又分为灾害风险指数区划图和灾害风险值区划图两类；

（4）巨灾次生灾害区划图，是反映次生灾害的区划；

（5）巨灾灾害深度区划图，是指以灾害损失与 GDP 比值编制的区划图；

（6）其他区划图。

（二）划分防灾减灾区

防灾减灾区，无疑是亚洲需要开展防灾减灾的重点地区。

为了提高防灾减灾对策的效用，需要在巨灾风险系列区划的基础上，根据各地区防灾减灾的目标，结合巨灾的区域特点和防灾减灾能力及自然、人文环境条件的差异性，制定出不同层次的、更为切实可行的分区和分级防灾减灾对策。

四、更新概念，指导亚洲防灾减灾

（一）以灾害损失为指标，指导灾害应急

亚洲是个多灾的地区，许多地区或大或小都可能遭受灾害侵袭。有些地区灾变等级小，有灾无害；有些地区虽然有害，但灾害损失在社会可接受范围之内。我们认为，对这些地区应该进行常规性的防灾减灾，但不一定开展社会总动员的大张旗鼓的灾害应急行动。提出这一论点的基点是，虽然灾害应急必然可以减轻灾害损失，但由于灾害应急所消耗的人力、物力投入，以及由于“小题大做”所造成的不良社会影响，其损失可能远比灾害直接造成的损失更为庞大。因此，有必要改变过去那种主要根据灾变等级决定是否开展灾害应急行动的习惯思路，变更为

主要根据社会可能遭受的灾害危害程度和易灾性的大小去决定灾害应急行动的新思路。

（二）树立灾害区可接受（承受）区域发展承载力的新观念

如前所述，自然灾害的大小，一方面取决于灾变等级，另一方面则主要决定于人口的密度和承灾体的密度、价值和易损性。事实上，自然灾害严重的地区，大多在人口、财产密度大的地区，在这些地区，不大的灾变即可造成社会不可接受（承受）灾害损失。目前，人类的科学水平和能力，尚不可能减少或减小灾变的频次和等级，灾害预报也远未过关，唯有减少灾害高危险区的人口密度和财产密度或提高减灾能力，才能减小灾害损失。在一定防灾减灾能力条件下，究竟人口密度和财产密度减少到什么程度，才能使灾害损失减少到可接受（承受）的范围内或控制在一定损失程度范围内，这显然是防灾减灾应进一步研究的深层次问题。是否应该像考虑水资源承载力、土地资源承载力、环境承载力一样，树立自然灾害风险区发展承载力的观念，以为社会发展和经济建设规划提供基础资料呢？显然是一个值得深思的问题。

参考文献

[1] 中国科学院地学部地球科学发展战略研究组. 2009. 21世纪中国地球科学发展战略报告. 北京:科学出版社,15-28,58-81,212-290.

[2] 高庆华,等. 2010. 地质系统整体观理论探索与应用. 北京:气象出版社,36-102.

[3] 高庆华. 1987. 地球自转与全球断裂体系. 中国地质科学院562综合大队集刊第6号,89-95.

[4] 高庆华. 1986. 板块地质力学与地质系统论探讨. 河北地质学院院报,**9**(3-4):265-273.

[5] 高庆华. 1986. 地球运动对海平面变化的控制——从地质系统论的观点分析海平面变化之主因. 西安地质学院院报,**9**(1):37-48.

[6] 李四光. 1928. 古生代以后大陆上海水进退的规程. 前中央研究院地质研究所集刊第6号.

[7] 国家气象局. 1989. 气象站天气分析和预报. 北京:农业出版社,47-107.

[8] 刘东生等编译. 2004. 气候过程和气候变化. 北京:科学出版社,36-161.

[9] 杜品仁,徐道一. 1959. 天文地震学引论. 北京:地震出版社,12-119.

[10] 任振球. 1990. 全球变化. 北京:科学出版社,1990.

[11]《天文与自然灾害》编委会. 1991. 天文与自然灾害. 北京:地震出版社,48-142.

[12] 刘厚赞,等. 1991. 固体地球物理场变化与自然灾害群发关系. 南京大学学报,(11).

[13] 赵海燕,韩延本,等. 2003. 太阳活动对地球表面温度影响的研究进展. 自然灾害学报,**12**(4):138-141.

[14] 赵洪声. 1990. 中国大陆2020年前地震大形势及此背景下的云南地震危险性研究.//中国地震大形势预测研究. 北京:地震出版社.

[15] 苗培实,周显强,等. 2010. 全球构造体系图及其说明书. 北京:地质出版社.

[16] 高庆华,等.2008. 地壳运动整体观在自然灾害综合研究中的应用. 北京:气象出版社,70-76.

[17] 马宗晋,杜品仁. 1995. 现代地壳运动. 北京:地质出版社,7-11,97-124.

[18] 高庆华. 2010. 全球洋流与强热带风暴分布图. 北京:地质出版社.

[19] 高庆华,马宗晋. 2009. 中国自然灾害综合研究的进展. 北京:气象出版社,262-274.

[20] 国家科学技术委员会. 1990. 中国科学技术蓝皮书 第5号《气候》. 北京:中国科学文献出版社,128-147,265-345.

[21] 张家诚,等. 1976. 气候变迁及其原因. 北京:科学出版社,10-93.

[22] 高文学. 1997. 中国自然灾害史. 北京:地震出版社,42-122,164-222,247-297,311-342,366-387,461-489.

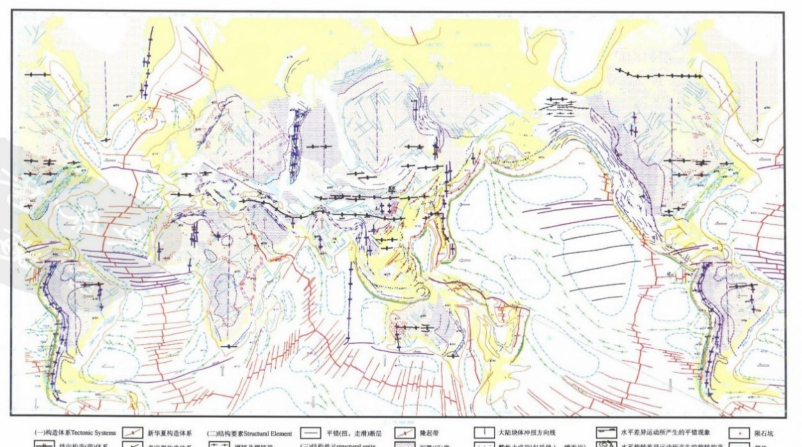


图1-8 全球表壳构造纲要图（苗培实，周显强等 2010）

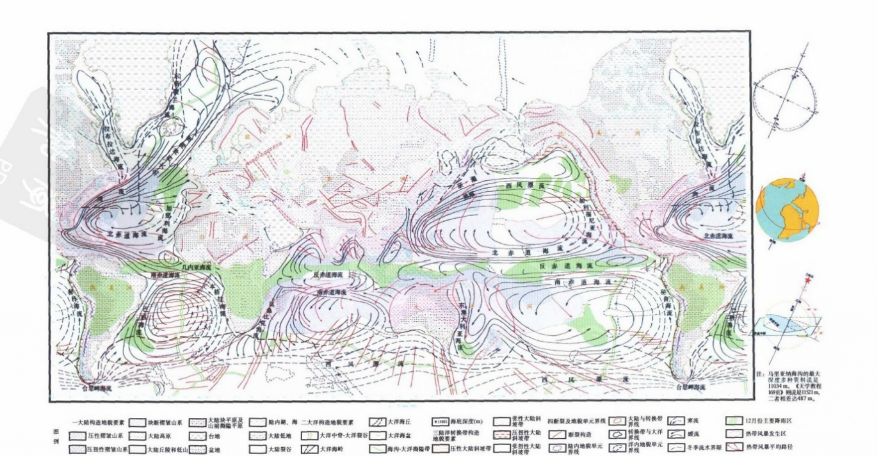


图1-10　全球构造与洋流图

本图巨灾标准为死亡人口>10万
直接经济损失>10亿美元

0 75 150 225 300 375 km

纬向构造(带)体系
经向构造(带)体系
网状(共轭)断裂系
山字型构造体系
歹字型构造体系
新华夏构造体系
多字型构造体系
大洋裂谷系
全球扭转构造体系
弧状旋转构造体系
环状旋卷构造体系
褶皱及褶皱带
俯冲带
冲断层
正断层
平错(扭、走滑)断层
大陆裂谷
大洋海岭，海山
大洋海盆
海沟
地震高裂度(>VI)区
热带风暴多发区
(>1~2次/年平均)
多雨区
(年降水量>1000 mm)
少雨区
(年降水量<1000 mm)
地震灾害
干旱灾害
洪涝灾害
热带气旋灾害
其他灾害
地貌隆起带
巨灾编号
(点周编号可出现具体资料)

世界各种重大自然灾害发生比例

世界各地重大自然灾害发生比率

图3-10 全球构造体系与20世纪重大自然灾害分布图

0 75 150 225 300 375 km

(一)地震等级
- >8级
- 7~7.9级
- 6~6.9级
- 5~5.9级

(二)构造体系Tectonic Systems
- 纬向构造(带)体系
- 经向构造(带)体系
- 网状(共轭)断裂系
- 山字型构造体系
- 歹字型构造体系
- 新华夏构造体系
- 多字型构造体系
- 大洋裂谷系
- 全球扭转构造体系
- 帚状旋转构造体系
- 环状旋卷构造体系

(三)结构要素Structural Element
- 褶皱及褶皱带
- 挤压带
- 俯冲带
- 冲断层
- 正断层
- 平错(扭、走滑)断层

(四)结构单元structural unite
- 大陆壳块
- 大洋壳块
- 大陆裂谷
- 大洋海岭、海山
- 大洋海盆
- 海沟
- 大陆块体中轴方向线

(五)地理要素Geographical Element
- 海底深度
- 陨石坑

图3-11　全球构造体系与地震分布图

